

Aus der Klinik für Radiologie  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

# **Wert der MR-angiographischen Technik für die Dignitätsbeurteilung von Ovarialraumforderungen**

Zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät Charité -

Universitätsmedizin Berlin

von

Katja Stuhlemmer

aus Cottbus

Dekan: Prof. Dr. M. Paul

1. Prof. Dr. med. B. Hamm

2. Prof. Dr. med. N. Hosten

3. Prof. Dr. med. V. Nicolas

Datum der Promotion: 12.04.2006

## **Wert der MR-angiographischen Technik für die Dignitätsbeurteilung von Ovarialraumforderungen**

Ziel der Studie war die Überprüfung der Wertigkeit der kontrastmittelunterstützten MRT und der Aussagekraft der arteriellen und venösen Phase in der Charakterisierung ovarieller Raumforderungen. 51 Patientinnen (97 Ovarien) mit ovariellen Raumforderungen in der klinischen und sonographischen Kontrolle wurden in einem 1,5 Tesla MRT mit einer Body-phased-array-Spule untersucht. Dabei kamen T1- und T2-gewichtete Sequenzen zur Anwendung (axiale, sagittale und coronare). Zusätzlich wurde eine MR-Angiographie mit Aufnahmen in der arteriellen und venösen Phase durchgeführt. Als Kontrastmittel kam Gadolinium-DTPA zur Anwendung. 43 Patientinnen wurden operiert, die übrigen Patientinnen mit als gutartig gewerteten Tumoren im Verlauf von 13 bis 23 Monaten klinisch kontrolliert. Die Histologische Untersuchung zeigte 21 bösartige (einschließlich 4 Borderline-Tumoren) und 43 gutartige Tumoren. Die Sensitivität, Spezifität und Treffsicherheit wurde mit Hilfe der folgenden Kriterien berechnet: Größe der Tumoren, Wand- und Septendicke, Vorhandensein solider Anteile und die Kontrastmittelanreicherung in der arteriellen und venösen Phase. Zusätzlich wurde die Aussagekraft der Substraktionsangiographie sowie der maximum intensity projections (MIP) überprüft. Die MRT war korrekt bei 17 von 21 malignen Tumoren und 73 von 76 benignen Tumoren bzw. unauffälligen Ovarien und hat somit eine Sensitivität von 81%, eine Spezifität von 96% und eine Treffsicherheit von 93%. Die Treffsicherheit der Kriterien für Malignität liegt bei 85% für die Kontrastmittelanreicherung in der arteriellen Phase, bei 86% für die soliden Anteile, bei 78% für die Wanddicke und bei 69% für die Septendicke. Die Ergebnisse zeigen, dass die kontrastmittelanreichernde MRT einen nützlichen zusätzlichen Faktor darstellt, um die Spezifität der MRT in der Charakterisierung gutartiger und bösartigen Tumoren zu erhöhen.

MRT, Ovarialtumoren, Angiographie, Zysten

## **Role of MR Angiography in the Characterization of Ovarian Lesions**

The aim was to investigate the role of contrast-enhanced magnetic resonance (MR) angiography and the arterial and venous contrast medium enhancement for lesion characterization. Fifty-one patients (97 ovarian) with ovarian masses identified in the clinical examination and by endovaginal ultrasound underwent MR imaging on a 1.5-T scanner using a body phased-array coil. Images were acquired with T1- and T2-weighted sequences (axial, sagittal and coronal). An MR angiography sequence was performed before and after intravenous injection of Gd-DTPA during the arterial and venous phase after determination of the transit time of the contrast medium bolus. Forty-three patients were operated on; the remaining patients with benign lesions were followed up clinically for 13 to 23 months. Histology demonstrated 21 malignant lesions (including 4 borderline tumors) and 43 benign lesions. The sensitivity, specificity and diagnostic accuracy were calculated for the following criteria: size of ovarian mass, thickness of walls and septae, solid portions, and arterial and venous contrast medium enhancement. In addition, the diagnostic benefit of maximum intensity projections (MIP) and thin slices acquired with the MR angiography technique was evaluated. MRI correctly identified 17 of the 21 malignant tumors and 73 of the 76 benign findings (benign lesions or normal ovaries) and had a sensitivity of 81%, a specificity of 96%, and a diagnostic accuracy of 93%. The accuracies of the different malignancy criteria were 85% for arterial contrast medium, 86% for the solid portions, 78% for the wall thickness and 69% for septal thickness. The results presented show that arterial contrast medium enhancement is a useful criterion to improve the specificity of MRI in characterizing ovarian lesions.

MRI, ovarian lesions, angiography, cysts

## *Inhaltsverzeichnis*

1.	Einleitung .....	5
1.1	Lage und Versorgung des Ovars .....	7
1.2	Einteilung der benignen und malignen Tumoren .....	8
1.3	Diagnostik des Ovarialtumors .....	11
1.4	Behandlung des Ovarialkarzinoms .....	13
1.5	Problemstellung .....	15
2	Methoden und Materialien .....	16
2.1	Patientenkollektiv und Indikation .....	16
2.2	Operationsverfahren und Verlaufskontrolle .....	17
2.3	MRT-Untersuchung .....	20
2.3.1	Kontrastmittel .....	21
2.3.2	Grundlagen der verwendeten Sequenzen .....	22
2.3.3	Untersuchungsprotokoll .....	24
2.3.4	MR-angiographische Technik .....	24
2.4	Befundung .....	27
2.4.1	Bildauswertung .....	27
2.4.2	Artdiagnose .....	29
2.5	Statistische Auswertung .....	30
3	Ergebnisse .....	32
3.1	Goldstandard (Histologie und Verlaufskontrolle) und MRT-Befunde .....	32
3.2	Ergebnisse der einzelnen Kriterien .....	45
4	Diskussion .....	50
4.1	Magnetresonanztomographische Angiographie und MIP .....	51
4.2	Beurteilung der Kriterien .....	55
4.2.1	Größe der Raumforderungen in Hinblick auf die Dignität .....	55
4.2.2	Primäre Kriterien .....	56
4.2.3	Sekundäre Kriterien .....	59
4.3	Artdiagnose .....	62
4.3.1	Epitheliale Tumoren .....	63
4.3.2	Endometriosezysten und Dermoide .....	64
4.3.3	Fibrome und Myome .....	66
4.4	Befundung der MRT .....	68
4.5	MRT im Vergleich zu anderen Methoden .....	69
5	Zusammenfassung .....	71
6	Literaturverzeichnis .....	73
7	Danksagung .....	78
8	Erklärung .....	79

## 1     *Einleitung*

Bei Ovarialtumoren hat die vor einer Behandlung, besonders vor der Operation, erfolgende Diagnostik mit der Frage der Lage, Größe und Dignität des Prozesses große Bedeutung. Die verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten, die abhängig sind von der Artdiagnose und dem Tumorstadium, erfordern den Einsatz einer gezielten präoperativen Diagnostik. Dabei steht die Frage der Treffsicherheit und Zuverlässigkeit der verschiedenen Methoden bei der Erkennung und Dignitätseinschätzung im Vordergrund. Zur Wahl stehen klinische Verfahren, wie die Palpation, die Bestimmung von Laborwerten wie die Tumormarker und die Sonographie. Neben den klinischen Untersuchungsverfahren sind die Wertigkeit der CT und der MRT Gegenstand laufender Studien. Alle diese Methoden können nicht an die Genauigkeit der explorativen Laparotomie mit histologischer Untersuchung heranreichen. Für den Operationsplan, die Prognosestellung sowie die Patientenvorbereitung wäre eine möglichst genaue präoperative Diagnostik wünschenswert.

Der Ovarialtumor stellt für den Radiologen eine besondere Herausforderung dar. Mit seiner anatomischen Lage, der Vielzahl der möglichen Veränderungen und den späten und unspezifischen Symptomen ist die Abgrenzung eines vom Ovar ausgehenden Tumors von anderen Veränderungen und die Einschätzung der Dignität schwieriger als bei anderen Tumoren.

Ogleich das Ovarialkarzinom eine geringere Inzidenz hat als das Zervix- oder Endometriumkarzinom, stellt es die häufigste Todesursache unter den gynäkologischen Tumoren dar. Die Neuerkrankungsrate liegt bei 15 pro 100 000 Frauen/Jahr in der Altersgruppe der 40 bis 44jährigen und bei 54 pro 100 000 Frauen/Jahr in der Altersgruppe der 75 bis 79jährigen. Der Grund für die hohe Letalitätsrate (5-Jahres-Überlebensrate unter 35%) liegt im Fehlen von Frühsymptomen. Die unspezifischen Symptome bedingen es, daß 2/3 aller Ovarialkarzinome erst im Stadium III / IV (siehe Tabelle) entdeckt werden. Die Prognose ist vor allem abhängig vom Tumorstadium, dem postoperativen Tumorrest und dem Differenzierungsgrad des Tumors (1).

Eine klinische Einteilung der Ovarialkarzinome erfolgt durch die FIGO-Klassifikation (International Federation of Gynecology and Obstetrics) und dem TNM-Schema (Tumor, node, metastasis) (2).

Tab. 1: Stadieneinteilung des Ovarialkarzinoms nach (2)

TNM	FIGO	Befundssituation
Tx		Primärtumor kann nicht beurteilt werden
T0		Kein Anhalt für Primärtumors
T1	I	Tumor begrenzt auf die Ovarien
T1a	IA	Tumor auf ein Ovar begrenzt; Kapsel intakt; kein Tumor auf der Oberfläche des Ovars; keine malignen Zellen in Aszites oder Peritonealspülung
T1b	IB	Tumor auf beide Ovarien begrenzt; Kapsel intakt; kein Tumor auf der Oberfläche des Ovars; keine malignen Zellen in Aszites oder Peritonealspülung
T1c	IC	Tumor begrenzt auf ein oder beide Ovarien Kapselruptur, Tumor an der Ovaroberfläche oder maligne Zellen im Aszites oder Peritonealspülung
T2	II	Tumor befällt ein Ovar oder beide Ovarien und breitet sich im Becken aus
T2a	IIA	Ausbreitung auf und/oder Implantate an Uterus und/oder Tube(n); keine malignen Zellen in Aszites oder Peritonealspülung
T2b	IIB	Ausbreitung auf andere Beckengewebe; keine malignen Zellen in Aszites oder Peritonealspülung
T2c	IIC	Ausbreitung im Becken (2a oder 2b) mit maligne Zellen in Aszites oder Peritonealspülung
T3 und / oder	III	Tumor befällt ein oder beide Ovarien mit mikroskopisch nachgewiesenen Peritonealmetastasen außerhalb des Beckens und/oder regionären
	N1	Lymphknotenmetastasen
T3a	IIIA	Mikroskopische Peritonealmetastasen jenseits des Beckens
T3b	IIB	Makroskopische Peritonealmetastasen jenseits des Beckens, größte Ausdehnung 2cm oder weniger
T3c und / oder	IIIC	Peritonealmetastasen jenseits des Beckens, größte Ausdehnung mehr als 2cm, und/oder regionäre Lymphknotenmetastasen
	N1	
M1	IV	Fernmetastasen (ausschließlich Peritonealmetastasen)

Zu den anamnestischen Angaben gehören der Bauchschmerz (53%), die Zunahme des Leibesumfanges (46%), gastrointestinale Beschwerden (22%), die Obstipation (17%) und abnorme vaginale Blutungen (14%). Die häufigsten klinischen Befunde bei der Erstuntersuchung sind der Aszites (46%), ein tastbarer Tumor im Abdomen (37%) oder im Becken (51%) und der Pleuraerguß (15%) (1).

Ätiologische Faktoren sind, anders als beim Zervix- und Endometriumkarzinom, wenig ausgeprägt. In allen hochindustrialisierten Ländern, mit Ausnahme Japans, zeigt das Ovarialkarzinom höhere Erkrankungszahlen als in den übrigen Ländern. In dieser Hinsicht und im Zusammenhang mit exogenen Noxen werden Umwelt- und Ernährungsgewohnheiten als Risikofaktoren diskutiert. Auch eine familiäre Disposition scheint zu bestehen. So kann bei ca. 2 - 5% aller Patientinnen anamnestisch ein gehäuftes familiäres Auftreten eruiert werden. Diese Frauen sind zum Zeitpunkt der Diagnosestellung deutlich jünger als Frauen mit einer unauffälligen Familienanamnese. Eine hohe Zahl abgelaufener Ovulationen korreliert positiv mit der Erkrankungsrate. Nulliparae mit einem relativen Risiko von 1,0 sowie Frauen mit einer frühen Menarche und / oder einer späten Menopause sind gefährdeter an einem Ovarialkarzinom zu erkranken, als Multiparae mit einem relativen Risiko nach ein bis zwei Schwangerschaften von 0,49 - 0,97 und nach drei Schwangerschaften von 0,36 - 0,76 sowie Frauen, welche langfristig Ovulationshemmer eingenommen haben (relatives Risiko = 0,75) (1). Eine höhere Mortalitätsrate wurde durch entsprechende Untersuchungen in den USA bei Frauen mit weißer Hautfarbe gegenüber dunkelhäutigen Frauen und bei Frauen aus dem Norden gegenüber dem Süden gefunden (3).

### *1.1 Lage und Versorgung des Ovars*

Die paarig angelegten Ovarien liegen beidseits des Uterus nahe der Beckenwand in der Fossa ovarica, welche vorn durch die obliterierte Umbilikalarterie und die A. iliaca interna und hinten durch den Ureter begrenzt wird. Sie entwickeln sich in den Keimsträngen neben den Urnierengang und deszendieren bis in das Becken. Bei Nulliparae liegen die Ovarien mehr oder weniger vertikal in Abhängigkeit von den angrenzenden Organen. Bei Frauen, die Kinder geboren haben, ist die Lage durch die vorangegangenen Schwangerschaften weitgehend verändert. Die Größe des

Eierstocks variiert mit dem Alter. So beträgt sie bei der Geburt des Menschen 15 x 5 x 3 mm, bei der geschlechtsreifen Frau etwa 40 x 20 x 10 mm und bei postmenopausalen Frauen weniger als 20 mm im Durchmesser (4).

Versorgt wird das Ovar durch die A. ovarica, welche direkt aus der Bauchaorta entspringt und durch den R. ovaricus der A. uterina. Die A. uterina entspringt der A. iliaca interna. Der R. tubarius der A. uterina verbindet sich mit dem R. ovaricus zu einem Gefäßbogen, aus dem zahlreiche kleine Arterien in den Eierstock eindringen. Der venöse Abfluß des Ovars erfolgt über den Plexus pampiniformis. Die sich aus ihm bildende V. ovarica dextra mündet direkt in die untere Hohlvene, die V. ovarica sinistra in die linke V. renalis. Ein Teil des Blutes fließt aber auch über den Plexus venosus uterinus und den Vv. uterinae in die innere Beckenvene ab. Die Venen werden von den Lymphbahnen begleitet. Der Hauptstrom der Lymphe geht zu den seitlichen lumbalen Lymphknoten. Ein anderer Teil nimmt den Weg zu den parauterinen, iliakalen und inguinalen Lymphknoten (5).

Der Metastasierungsweg der Ovarialkarzinome geht längs der A. ovarica zu den aortokavalen Lymphknoten über die Aortenbifurkation und die großen Gefäße, entlang des Lig. latum zu den iliakalen und retroperitonealen Lymphknoten sowie entlang des Lig. rotundum zu den iliakalen Lymphknoten (6).

## *1.2 Einteilung der benignen und malignen Tumoren*

Die Tumoren des Ovars werden nach der WHO-Klassifikation eingeteilt in verschiedene Gruppen. Tabelle 2 gibt diese Einteilung wieder.



Tab. 2: Histologische Klassifikation von Ovarialtumoren nach WHO (7)

1.	Oberflächenepithel-Stromatumoren
2.	Keimstrangstromatumoren
3.	Keimzelltumoren
4.	Gonadoblastom
5.	Keimzell-Keimstrangstroma-Tumor
6.	Tumoren des Rete ovarii
7.	Mesotheliale Tumoren
8.	Tumoren unsicherer Histogenese und verschiedene Tumoren
9.	Gestationale trophoblastische Erkrankungen
10.	Weichgewebstumoren, nicht ovarspezifisch
11.	Maligne Lymphome, Leukämien und Plasmozytome
12.	Unklassifizierbare Tumoren
13.	Metastasen

Bei den epithelialen Tumoren unterscheidet man seröse, endometrioid, muzinöse Tumoren, Klarzelltumoren, Brenner-Tumoren und die undifferenzierten Formen. Sie können jedes Lebensalter betreffen, treten aber häufiger bei Patientinnen über 40 Jahren auf (80%) (6). Hinsichtlich ihrer Dignität werden sie (mit Ausnahme der undifferenzierten Karzinome, die immer hoch maligne sind) in gutartige Tumoren, Borderline-Tumoren und Karzinome mit Stromainvasion eingeteilt (8).

Benigne epitheliale Tumoren präsentieren sich überwiegend in der Altersgruppe der 20 - 60jährigen als seröse oder muzinöse Zystadenome. Sie sind meist recht groß, kommen oft bilateral vor, können septiert sein und sind mit seröser (35 - 40%) oder muzinöser (6 - 10%) Flüssigkeit gefüllt (1). Um Zystadenome handelt es sich ca. in 25% aller gutartigen Veränderungen; bilateral sind sie in ca. 15% der Fälle (4).

Auch bei den Borderline-Tumoren sind die häufigsten serös (ca. 15%) oder muzinös (ca. 80%) (1, 4). Das Haupterkrankungsalter liegt zwischen 20 und 40 Jahren (1). Borderline-Tumoren (Tumoren niedrig maligner Potenz) weisen einige, aber nicht alle Kriterien der Malignität auf: Das Epithel ist mehrreihig, bildet Knospen, zeigt Atypien und vermehrt atypische Mitosen, es ist jedoch keine Stromainvasion nachweisbar. Sie werden überwiegend im Stadium I entdeckt und haben eine gute Prognose, denn die 5-Jahres-Überlebensrate beträgt ca. 90% (8). In ca. 5% kommen sie bilateral vor (4).

Endometrioid Tumoren machen 15 - 25% aller Tumoren aus. Davon sind ca. 20% maligne. Histologisch können alle Varianten des Endometriumkarzinoms, aber auch Sarkome und maligne Müller-Mischtumoren ausgebildet sein (8).

Klarzellige Tumoren kommen in etwa 5 - 6% aller Ovarialmalignomen vor und haben einen soliden oder drüsigen Aufbau (4, 8). Brenner-Tumoren sind selten (2%) und meist gutartig. Bei den undifferenzierten Ovarialkarzinomen lässt deren weitgehende Anaplasie keine histogenetische Zuordnung zu. Sie kommen in etwa 10% der Ovarialmalignomen vor (8).

Keimstrang-Keimdrüsenstromatumoren machen etwa 6% aller Ovarialtumoren aus (8). Sie lassen sich in die weiblich differenzierten Granulosa-Thekazelltumoren, die männlich differenzierten Androblastome (Sertoli-Leydig-Zelltumoren) sowie die bisexuell differenzierten Gynandroblastome unterteilen. Thekome sind solide, nur gelegentlich zystische, selten bilateral auftretende und fast ausnahmslos gutartige Tumoren (6). Granulosazelltumoren sind prognostisch relativ günstige maligne Geschwülste, kommen in etwa 10% aller malignen Ovarialtumoren vor und können auch in der Kindheit auftreten. Sie sind solid bis zystisch, oft nekrotisch, von Blutungen durchsetzt und selten bilateral entwickelt (8).

Gonadoblastome, kombinierte Keimzell- und Keimstrang-Keimdrüsenstromatumoren, sind sehr selten und klein. Auch Lipidzelltumoren sind seltene Kombinationen von Keimzell- und Keimstrang-Keimdrüsenstromatumoren und meist gutartig. Im Gegensatz dazu machen Keimzelltumoren etwa 20% aller, 30% aller benignen und 2% aller malignen Ovarialtumoren aus. 95% der Keimzelltumoren sind reife, gutartige Teratome. Meist liegen zystische Teratome vor, die knapp 15% aller Ovarialtumoren und 30% aller benignen Ovarialtumoren ausmachen. Sehr selten sind sie solide, treten während der Kindheit, häufig während der Geschlechtsreife und gelegentlich auch noch nach der Menopause auf. Da sie aus reifen Strukturen aller drei Keimblätter aufgebaut sind, können sie Haare, Zähne, Knochen-, Knorpel-, Fett- und Hirngewebe enthalten. In 12% werden sie bilateral gefunden und in 2% kann sich ein maligner Tumor entwickeln, meist ein Plattenepithelkarzinom. Gelegentlich finden sich Teratome mit einem hochspezialisierten Gewebstyp, wie die Struma ovarii und das Karzinoid (8).

10% aller malignen Ovarialtumoren sind Metastasen, die ihren Ursprung vor allem im übrigen Genitaltrakt, im Magen-Darm-Trakt oder in der Mamma haben. Sie treten

meist bilateral auf. Eine besondere Form ist der Krukenberg-Tumor, der oft von einem Siegelringkarzinom des Magens entstammt. Er ist meist solide und fast immer bilateral vorhanden (8). Er wird mit ca. 6% aller Tumoren angegeben (4).

Zu den tumorähnlichen Veränderungen, die von neoplastischen Veränderungen abgegrenzt werden müssen, zählen die Zysten, die vor allem aus Zellen des normalen Ovarialzyklus entstehen und dementsprechend häufig vorkommen. So bilden sich Follikelzysten aus heranreifenden und zugrunde gehenden Follikeln. Wie die Corpus-luteum-Zysten sind sie Funktionszysten, die sich spontan zurückbilden können. Weitere Zysten am Ovar sind die Theka-lutein-Zysten, Endometriosezysten, germinale Einschlußzysten sowie die von den Resten des Wolff-Ganges ausgehenden Paraovarialzysten. Endometriosezysten enthalten heterotopes Endometrium, das auch den zyklischen Veränderungen unterliegt, und die deshalb kleine Blutungen enthalten können (8).

### *1.3 Diagnostik des Ovarialtumors*

Die wichtigste konventionelle Vorsorgeuntersuchung ist die bimanuelle gynäkologische Tastuntersuchung. Wenn auch hiermit eine Früherkennung nur in Ausnahmefällen möglich ist, so ist sie doch eine zeitlich einfach durchführbare Untersuchungsmethode ohne apparativen Aufwand und erlaubt eine fortlaufende Dokumentation. Eine bilaterale, schlecht bewegliche Resistenz von höckriger Oberfläche und wechselnder Konsistenz legt dabei den Verdacht auf einen malignen Ovarialtumor nahe (1).

Neben dieser jährlichen Untersuchung sind bei bekanntem anamnestischen Risiko die Ultraschalluntersuchung sowie die Bestimmung des Tumormarkers CA 125 als Screeningmaßnahme indiziert. 80% aller Ovarialkarzinome exprimieren auf den Tumorzellen das Antigen OC 125, das mit monoklonalen Antikörper CA 125 erkannt werden kann. Die Ultraschalluntersuchung kann sowohl transabdominell als auch transvaginal erfolgen. Die transvaginale Sonographie hat gegenüber dem transabdominellen Zugangsweg deutliche Verbesserungen in der Beurteilung von Adnexbefunden gebracht. Da jedoch auch damit keine sichere Identifikation benignen und malignen Ovarialkarzinome gelang, erfuhr nur die Sensitivität, nicht jedoch die Spezifität eine Steigerung. In der Kombination aus transvaginalen Ultraschall und CA

125 konnte eine Sensitivität von etwa 95% bei einer Spezifität von 50% erzielt werden (1). Andere Ultraschalltechniken wie die Dopplersonographie wurden und werden getestet. Allerdings geben bisherige Ergebnisse keinen Informationsgewinn der Dopplersonographie in der Dignitätseinschätzung des Ovarialtumors gegenüber dem transvaginalen Ultraschall oder der MRT und dem CA 125-Wert an (9, 10). Die Angaben über deren Wert im Vergleich zur herkömmlichen Sonographie differieren. Ein signifikanter Vorteil konnte jedoch auch hier nicht gefunden werden (11).

Da die Sonographie kein komplettes Tumorstaging liefert, müssen nach der initialen Beurteilung einer Raumforderung der Ovarien andere bildgebende Verfahren angewendet werden. Dazu gehören die Computertomographie (CT) und die Magnetresonanztomographie (MRT). Zystische und solide Tumoren von über 20 mm Größe können damit sicher erkannt werden. Indikationen für diese Untersuchungen sind a) die präoperative Dokumentation und Ausdehnungsbeurteilung der Raumforderung, b) die Darstellung der gesamten pelvinen Topographie mit Nachbarstrukturen des Ovars, c) die Dignitätsbeurteilung und, soweit möglich, die artdiagnostische Beurteilung der Raumforderungen, d) die Zuordnung einer großen Raumforderung zu den Ovarien bzw. zum Uterus und e) das Tumorstaging unter Einschluß des gesamten Abdomen vom Diaphragma bis zum Beckenboden. Das Lymphknotenstaging muß beim Ovarialkarzinom durch den direkten Abgang der Arteria ovarica aus der Aorta und der daraus resultierenden paraaortalen lymphogenen Metastasierung bis zum Nierenhilus erfolgen (12). Die Vorteile der CT liegen in der hohen räumlichen Auflösung bei fehlenden Bewegungsartefakten, dem eine Strahlenexposition, die besonders bei jüngeren Patientinnen mit geringer Wahrscheinlichkeit eines malignen Ovarialtumors, als nachteilig anzusehen ist, gegenübersteht. Vorteile der MRT sind der exzellente Weichteilkontrast, die multiplanare Darstellungsmöglichkeit, die fehlende Strahlenexposition, die eindeutige Erkennung eingebluteter bzw. fetthaltiger Läsionen und somit die verbesserten Möglichkeiten im Nachweis von Endometriosezysten und Dermoiden.

Bei dem Verdacht auf einen malignen Ovarialtumor dienen die bildgebenden Verfahren primär der Operationsplanung, da stets die Laparotomie mit histologischer Klärung erfolgt. Nur so ist eine sichere Stadieneinteilung, von der die Prognose weitgehend abhängt, möglich. Geachtet wird bei der Operationsplanung auf a) die Ausdehnung des Primärtumors, b) die Beteiligung der Ureteren, c)

Tumorabsiedelungen im Peritonealraum, d) Tumormanifestationen unterhalb des Zwerchfells, e) inguinale, iliakale und paraaortale Lymphknotenmetastasen und f) Lebermetastasen (12). Peritoneale Metastasen können mit den bisherigen Möglichkeiten unter einer Größe von 10 mm weder mit der CT noch mit der MRT sicher erkannt werden (13).

Die CT ist das am meisten angewendete Verfahren zum Staging von Ovarialkarzinomen, mit einer Treffsicherheit bis zu 90%. Die MRT findet besonders ihren Einsatz bei der Charakterisierung des Tumors und dem Staging unter Beachtung der regionalen Ausbreitung, der Lymphknoten- und Lebermetastasen. Orale und rektale Kontrastmittel kommen dabei zum Einsatz, um die Unterscheidung der Adnexe und der Darmschlingen zu verbessern. Mit intravenösen Kontrastmittel können der Tumor und die intratumoralen Strukturen sowie peritoneale und Netzmetastasen in der MRT besser dargestellt werden (14).

#### *1.4 Behandlung des Ovarialkarzinoms*

Die Behandlung des Ovarialkarzinoms besteht in Abhängigkeit vom Stadium in der chirurgischen Tumorreduktion, der Chemotherapie, der Strahlentherapie und der Kombination dieser Methoden. Die 5-Jahres-Überlebensrate beträgt im Stadium I 80% und im Stadium II 60%. In diesen Stadien ist das Therapieziel kurativ, während im Stadium IV die Behandlung unter palliativer Zielsetzung erfolgt (1).

Bei der Operation wird eine maximale chirurgische Tumorreduktion angestrebt. Im Stadium I / II ist eine R0-Resektion im Rahmen der Primäroperation möglich. Dabei werden beide Adnexe unter ausgedehnter Mitresektion der Ligg. infundibulopelvicæ sowie des Uterus exstirpiert.

Eine andere Zielsetzung verfolgt die primäre tumorreduktive Chirurgie, die im Stadium III / IV zur Anwendung kommt. Hier wird eine Verbesserung des Allgemeinbefindens angestrebt und versucht, die Erfolgschancen einer Chemotherapie durch eine verbesserte Tumordurchblutung und einer Steigerung der Tumorzellwachstumsfraktion zu erhöhen. Wichtigster Prognosefaktor für die Überlebensrate ist der Tumorrest, der im Durchmesser der größten verbliebenen Metastase angegeben wird. Ist eine Tumorreduktion auf weniger als 20 mm im Rahmen der Primäroperation nicht möglich, wird die Operation mit einer unmittelbar

anschließenden Chemotherapie kombiniert („debulking“). Hierbei beschränken sich die Maßnahmen auf Eingriffe, die den Patientinnen unmittelbare Erleichterung verschaffen (1).

Ein anderes Therapiekonzept verfolgt die Interventionstherapie. Nach der ersten Operation und einer initialen Chemotherapie mit zwei bis drei Behandlungen erfolgt ein zweiter operativer Eingriff. Dann wird die Chemotherapie mit drei bis fünf Behandlungen weitergeführt. Ähnlich wird bei der Second-look-Operation (SLO) vorgegangen. Dabei wird nach Abschluß der primären Chemotherapie (ca. 4 - 6 Monate nach Diagnosestellung) ein zweiter Eingriff mit sorgfältiger Inspektion und Entnahme von Biopsien und Spülflüssigkeit durchgeführt. Während bei einem erhöhten CA 125 ein positiver SLO-Befund sehr wahrscheinlich ist, ist im Stadium I sowie bei Patienten ohne residuellen Tumor nach der Primäroperation ein negativer Befund zu erwarten. Bei ca. 50% der Patientinnen kann makroskopisch oder mikroskopisch ein Tumor nachgewiesen werden. Anhaltende Remissionen sind bei diesen Patientinnen selten (1). Ein Tumor größer als 20 mm nach einer ersten Operation ist ein sicheres Zeichen eines Tumorrezidivs. Frauen die länger als fünf Jahre rezidivfrei waren, haben eine exzellente Überlebensrate (15). Die Indikation zu diesem Eingriff ist streng zu stellen, zumal von einer höheren falsch negativen Rate für die Erkennung kleiner intraperitonealer Tumoren im Vergleich zur Laparotomie ausgegangen werden muß (1).

## 1.5 Problemstellung

Es stellte sich die Frage, ob durch die Verwendung der neuen technischen Möglichkeiten die Diagnostik der Ovarialraumforderungen und die Abgrenzung zu umliegenden Organen verbessert werden kann.

- 1) Wie sicher ist die Vorhersage der Dignität einer Ovarialraumforderung unter Anwendung einer Body-phased-array-Spule und einer kontrastmittelunterstützten T1-gewichteten Sequenz mit einer Schichtdicke von nur 1,7 mm im Rahmen der MR-angiographischen Technik bei 1,5 Tesla?
- 2) Wie verlässlich sind dabei die klassischen Kriterien für Benignität bzw. Malignität?
- 3) Kann nach Einschätzung der Dignität eine Artdiagnose der Ovarialraumforderung erfolgen und wie sicher ist diese Einschätzung?

## 2 *Methoden und Materialien*

### 2.1 *Patientenkollektiv und Indikation*

In dem Zeitraum von Oktober 1997 bis September 1999 wurden am Institut für Radiologie der Medizinischen Fakultät Charité der Humboldt-Universität zu Berlin in einer prospektiven Studie 51 Patientinnen mit benignen und malignen Ovarialveränderungen untersucht. Dabei wurden alle Altersgruppen eingeschlossen, so daß die jüngste Patientin zum Zeitpunkt der Untersuchung 16 Jahre und die älteste Patientin 84 Jahre (Mittel: 43 Jahre) alt war. Die klinischen Daten wurden z.T. aus einer Befragung im Rahmen der Aufklärung vor der MRT-Untersuchung, zum übrigen Teil aus den Krankenakten entnommen.

23 Patientinnen kamen mit einem auffälligen Befund im Rahmen einer Routineuntersuchung ohne subjektive Beschwerden. 14 Patientinnen gaben Unterbauchschmerzen bzw. Rückenschmerzen und fünf Patientinnen Blutungsstörungen an (davon eine Patientin mit einem bekannten Faktor-VII-Mangel). Vier Patientinnen wurden durch eine Bauchumfangszunahme aufmerksam, und drei Patientinnen kamen über die Infertilitätssprechstunde mit einem nicht erfülltem Kinderwunsch von über einem Jahr. Zwei Patientinnen gaben lediglich ein leichtes Druckgefühl im Unterbauch bzw. auf der Harnblase an.

Diese Patientinnen wurden von einem erfahrenen Gynäkologen untersucht und der Palpationsbefund mit der Frage nach der Organzuordnung und Dignität dokumentiert. Als maligne wurde dabei ein großer, nicht verschieblicher Tumor mit knotiger Konsistenz eingeschätzt. Danach erfolgte eine transvaginale Ultraschalluntersuchung, ebenfalls mit der Frage nach der Organzugehörigkeit und Dignität des Prozesses. Dabei wurde ein zystisch erscheinender Tumor mit soliden Anteilen als maligne gewertet. Zusätzliche Malignitätskriterien waren intraperitoneale Flüssigkeit und der Verdacht auf Infiltrationen angrenzender Organe.

Allen Frauen mit dem Verdacht auf ein malignes Geschehen wurde Blut zur Bestimmung des Tumormarkes CA 125 abgenommen.

Fünf Patientinnen befanden sich zum Zeitpunkt der Untersuchung im Zustand nach Hysterektomie, davon eine mit erhaltenen Ovarien beidseits, eine mit Adnektomie rechts wegen einer Zyste und drei mit Adnektomie bilateral ebenfalls wegen Zysten.



Einer Patientin sind zu einem früheren Zeitpunkt bereits beide Ovarien entnommen worden und bei einer Patientin nur das linke Ovar. Einer anderen Patientin war das rechte Ovar vollständig entfernt sowie am linken Ovar eine Dermoidausschälung vorgenommen worden. Bei einer Patientin war schon eine Zystenexstirpation vorausgegangen und bei einer weiteren Patientin eine Keilexzision des Ovars. So waren zum Zeitpunkt der Untersuchung an sieben Frauen 11 Adnexe entfernt, davon bei vier Frauen beidseits (acht Adnexe). Bei sechs dieser acht nicht vorhandenen Adnexe kam es erneut zu einer Zystenbildung bzw. zu einer ovariellen Raumforderung, davon bei zwei Frauen beidseits. Alle Frauen mit dem klinischen Verdacht auf einen Ovarialtumor wurden in die Studie aufgenommen. Nicht eingeschlossen werden konnten Frauen mit den bekannten Kontraindikationen der MRT, wie Herzschrittmacher und Gefäßclips unbekannter Zusammensetzung, aber auch bekannter Kontrastmittelallergie. So wurden bei 44 Frauen 88 noch vollständig erhaltene Ovarien und bei sieben Frauen in fünf Fällen eine Adnexe und in zwei Fällen beide Adnexe mit Restovargewebe untersucht. Es wurden insgesamt 97 Ovarien bei 51 Patientinnen mit folgenden Befunden untersucht: 15 benigne einfache Zysten, 19 benigne komplizierte Zysten, fünf Dermoiden (davon eine Struma ovarii), zwei Fibrome, 21 Malignome, ein luteinisiertes Thekom und ein Tuboovarialabszeß.

## *2.2 Operationsverfahren und Verlaufskontrolle*

43 der insgesamt 51 Patientinnen wurden nach der MRT-Untersuchung operiert, davon 12 Patientinnen laparoskopisch. Bei 16 Patientinnen handelte es sich um eine abdominelle Hysterektomie cum adnexe bilateral (davon neun Fälle mit malignen bzw. Borderline-Tumoren) mit einer Altersverteilung von 41 bis 84 Jahren (Mittel: 57 Jahre). Einer Frau (57 Jahre) wurden der Uterus und die Adnexe transvaginal entfernt. Bei fünf Patientinnen wurde eine einseitige laparoskopische Salpingoophorektomie und bei sechs Patientinnen eine einseitige offene (per laparotomiam) Salpingoophorektomie durchgeführt. Diese Operation betraf die Altersgruppen 22 bis 48 Jahre (Mittel: 34 Jahre). Bei vier Patientinnen handelte es sich um eine laparoskopische Tumorausschälung, bei drei Patientinnen um eine offene Tumorausschälung, bei vier Patientinnen um eine laparoskopische Zystenausschälung, bei zwei Patientinnen um eine transvaginale Zystenpunktion und

bei einer Patientin um eine Laparotomie mit Ausräumung der Hämatozele. In zwei Fällen wurde zusätzlich eine Hydatidenabtragung vorgenommen sowie in einem Fall eine Endometrioseexstirpation und in einem anderen Fall eine Keilexzision des Ovars. Bei einer Patientin mit einem weit fortgeschrittenen Ovarialkarzinom und einer Patientin mit Metastasen eines malignen Melanoms nach Radikaloperation konnte nur noch eine explorative Laparotomie mit anschließender palliativer Behandlung vorgenommen werden. Bei den zwei Patientinnen, bei denen eine Zystenpunktion vorgenommen wurde, handelte es sich um junge Frauen mit rezidivierenden benignen Zysten, die schon früher mit dieser Indikation operiert werden mußten und bei denen sich der Befund in allen angewandten Untersuchungsverfahren (Palpation, Sonographie, MRT und Laborwerte) auch jetzt gutartig zeigte.

Da bei acht Patientinnen aufgrund der Klinik mit Unterstützung der MRT der Befund als benigne eingeschätzt werden konnte, wurden diese Patientinnen im Verlauf mindestens eines Jahres ambulant kontrolliert und nicht operiert. Dabei erfolgten weitere Tastuntersuchungen und sonographische Kontrollen.

Die folgende Tabelle 3 gibt das subjektive Beschwerdebild bzw. die Indikationsstellung zur MRT-Untersuchung (Palpation, Sonographie) und das weitere Vorgehen wieder (histologische Sicherung / Verlaufskontrolle). Goldstandard bedeutet die maximal gesicherte Diagnose, d.h. bei den operierten Patientinnen der histologische Befund bzw. die intraoperative Inspektion des kontralateralen Ovars, bei den nicht operierten Patientinnen die Verlaufsdiagnose durch jährliche Kontrolle (MRT-Diagnose).

Bei den Operationen kamen in Frage die Salpingoophorektomie (SOE), die Hysterektomie cum adnexe (HE cum adnexe), die Zysten- bzw. Tumorentfernung, die Punktion und die rein explorative Laparotomie ohne Behandlungsmöglichkeit aufgrund der Progression.

Tab. 3: Überblick über die einzelnen Patientinnen und deren Palpations- und sonographischen Befund, das weitere Vorgehen und die Sicherung (Goldstandard)

Nr.	Beschwerden	Palpations-befund	Sonographische Einschät-zung	Operations-verfahren
1	Schmerzen	maligne	benigne	SOE
2	keine	maligne	benigne	SOE
3	keine	keine	benigne	HE cum Adn.
4	Infertilität	keine	benigne	SOE
5	Schmerzen	benigne	benigne	Zystenentfernung
6	Druck- bzw. Völlegefühl	maligne	maligne	HE cum Adn.
7	keine	benigne	benigne	Zystenentfernung
8	Bauchumfangs-zunahme	maligne	maligne	SOE
9	Schmerzen	maligne	benigne	HE cum Adn.
10	Schmerzen	keine	benigne	Tumorentfernung
11	Blutungsstörung	keine	maligne	SOE
12	keine	keine	benigne	Zystenentfernung
13	Schmerzen	benigne	maligne	Tumorentfernung
14	Schmerzen	benigne	maligne	Zystenentfernung
15	keine	keine	benigne	SOE
16	Blutungsstörung	keine	benigne	Punktion
17	keine	keine	benigne	HE cum Adn.
18	keine	maligne	benigne	HE cum Adn.
19	Infertilität	keine	maligne	Tumorentfernung
20	Blutungsstörung	maligne	benigne	Punktion
21	keine	maligne	benigne	HE cum Adn.
22	Infertilität	benigne	maligne	Tumorentfernung
23	keine	maligne	maligne	HE cum Adn.
24	Schmerzen	benigne	benigne	HE cum Adn.
25	Blutungsstörung	maligne	benigne	SOE
26	keine	benigne	benigne	Tumorentfernung
27	keine	maligne	maligne	HE cum Adn.
28	keine	maligne	benigne	HE cum Adn.
29	Schmerzen	benigne	benigne	Tumorentfernung
30	keine	maligne	benigne	HE cum Adn.
31	keine	maligne	maligne	SOE
32	Schmerzen	maligne	maligne	HE cum Adn.
33	Bauchumfangs-zunahme	benigne	maligne	HE cum Adn.
34	Schmerzen	maligne	maligne	HE cum Adn.
35	keine	maligne	maligne	HE cum Adn.
36	Schmerzen	benigne	benigne	SOE

37	Schmerzen	maligne	maligne	HE cum Adn.
38	Bauchumfangs-zunahme	benigne	maligne	HE cum Adn.
39	Bauchumfangs-zunahme	maligne	maligne	SOE
40	Blutungsstörung	maligne	maligne	SOE
41	Druck- bzw. Völlegefühl	benigne	maligne	Tumorentfernung
42	Schmerzen	maligne	maligne	palliativ
43	Schmerzen	maligne	maligne	palliativ
44	keine	benigne	benigne	Verlaufskontrolle
45	keine	benigne	benigne	Verlaufskontrolle
46	keine	keine	benigne	Verlaufskontrolle
47	keine	benigne	benigne	Verlaufskontrolle
48	keine	keine	benigne	Verlaufskontrolle
49	keine	benigne	benigne	Verlaufskontrolle
50	keine	keine	benigne	Verlaufskontrolle
51	keine	keine	benigne	Verlaufskontrolle

HE cum Adn. = Hysterektomie cum Adnexe; SOE = Salpingoophorektomie; Nummer = laufende Patientennummer

### 2.3 MRT-Untersuchung

Bei allen Patientinnen wurde eine MRT-Untersuchung mit intravenöser Kontrastmittelapplikation durchgeführt. Diese erfolgte nach entsprechender Aufklärung und erteiltem Einverständnis in Rückenlage mit Knierolle an einem 1,5 Tesla MR-Tomographen (Magnetom Vision, Siemens, Erlangen). Um ein gutes Signal-zu-Rausch-Verhältnis zu erhalten, wurde eine umgeschnallte Body-phased-array-Spule verwendet, die auch den Vorteil hatte, daß die Patientinnen indirekt an das ruhige Liegen erinnert wurden. Zur Unterdrückung der Darmperistaltik wurde bei 49 Patientinnen vor der Untersuchung jeweils 2 ml Buscopan (Boehringer Ingelheim) intravenös appliziert. Lediglich bei zwei Patientinnen kam aufgrund von Kontraindikationen gegen Buscopan Glucagon in einer Menge von jeweils 1 mg intravenös zur Anwendung.

### 2.3.1 Kontrastmittel

Als Kontrastmittel wurde Gd-DTPA (Diethylentriaminpentaessigsäure-Komplexe mit Gadolinium) in einer Dosis von 0,2 mmol/kg verwendet. Gadolinium, ein Element aus der Gruppe der Lanthanide, ist dreiwertig und trägt sieben ungepaarte Elektronen im halbaufgefüllten 4f-Orbital. Es besitzt damit das größte magnetische Moment aller paramagnetischen Stoffe (16). Diese rufen lokale Magnetfelder hervor, die die Energieübertragung zwischen dem angeregten Atom und dessen Umgebung beschleunigen und dadurch die T1- und T2-Relaxationszeiten der Protonen verkürzen (17, 18, 19, 20, 21). Diese Verkürzung wirkt sich beim Spin-Echo Aufnahmemodus, je nach Gewichtung, unterschiedlich auf die Signalintensität aus. Aufgrund der T1-Verkürzung zeigt sich in T1-gewichteten Bildern ein Signalintensitätszuwachs und in T2-gewichteten Bildern durch die T2-Verkürzung eine Signalintensitätsabnahme. T1 und T2 nehmen im hier verwendeten Konzentrationsbereich stetig mit der Konzentration des Kontrastmittels ab. Bei der Spin-Echo Sequenz überwiegt bei niedrigen Konzentrationen der Einfluß der T1-Zeit, da die Verkürzung der T1-Zeit in der Regel größer ist als die der T2-Zeit. Das Signal steigt an. Nimmt die Konzentration weiter zu, so überwiegt ab einer bestimmten Kontrastmittelkonzentration die T2-Verkürzung mit einer Verkleinerung des Signals (22).

Der angedeutete Effekt ist in folgender vereinfachter Gleichung ersichtlich:

$$S = N(H) \times (e^{-TE/T2}) (1 - e^{-TR/T1})$$

S : Signalintensität  
N(H): Protonendichte  
TR : Repetitionszeit  
TE : Echozeit  
T1 : Spin-Gitter-Relaxationszeit  
T2 : Spin-Spin-Relaxationszeit

Mit der Verkürzung der Relaxationszeiten und der Erhöhung der Signalunterschiede kann eine Verkürzung der gesamten Untersuchungszeit bei einer Verbesserung der Gewebedifferenzierung erzielt werden (23). Durch Ausnutzung der pharmakologischen Eigenschaften und der Affinität des Kontrastmittels zu verschiedenen Geweben kann versucht werden, Gewebe, die in einer Aufnahmetechnik nativ nicht zu unterscheiden sind, zu differenzieren. So können

z.B. Gefäße und intratumorale Strukturen auch mit wenigen Untersuchungsschritten sicherer dargestellt werden (24).

In freier Form sind paramagnetische Gadolinium-Ionen hochtoxisch. Sie schädigen u.a. das Myokard und haben Einfluß auf das Gerinnungssystem. Deshalb müssen sie in einen Chelat-Komplex mit DTPA eingebunden werden, der mit einer Dissoziationskonstante von  $10^{22-23}$  verhindert, daß Gadolinium in freier Form vorhanden ist (25). Der Komplexbildner DTPA beeinflusst die Pharmakokinetik (23). Aufgrund der hohen Hydrophilie der Ladung verbleibt Gadolinium-DTPA nach der intravenösen Applikation im extrazellulären Raum (16, 23). Nach der intravenösen Applikation wird das Kontrastmittel zum Zielgebiet transportiert.

Der Signalintensitätszuwachs korreliert mit dem Vaskularisierungsgrad und dem Volumen des Extrazellulärtraumes der entsprechenden Gewebe. Aus der Signalintensität auf den Kontrastaufnahmen kann so eine Aussage über die Vaskularisierung z.B. eines Ovarialtumors gemacht werden.

### *2.3.2 Grundlagen der verwendeten Sequenzen*

Um eine morphologisch gute Darstellung zu erreichen, wurden protonengewichtete Sequenzen verwendet. Dies sind Sequenzen mit einer sehr langen Repetitionszeit (TR) bei einer kurzen Echozeit (TE). Durch Wahl einer langen TR kann erreicht werden, daß die unterschiedlichen T1-Werte (longitudinale Relaxation) keinen Einfluß mehr auf das Signal haben. Bei zusätzlicher kurzer TE haben Signalunterschiede aufgrund unterschiedlicher T2-Werte (transversale Relaxation) nicht genügend Zeit, sich deutlich genug auszuprägen. Das ermittelte Meßsignal ist damit in erster Linie von der Protonendichte abhängig. Je mehr Protonen vorhanden sind, um so stärker ist das Signal (26).

Für die MRT sind verschiedene Techniken erstellt worden, die den Wasser-Fett-Kontrast erhöhen und so Gewebearten mit einem hohen Wasser- bzw. Fettanteil differenzierter darstellen können. Das Grundprinzip dieser Techniken basiert auf den unterschiedlichen Resonanzfrequenzen wasserhaltiger (hohe T1) und fetthaltiger (hohe T2) Gewebearten. Die Winkelgeschwindigkeit der Protonen und damit die Resonanzfrequenz ergibt sich aus der magnetischen Induktion des äußeren Feldes multipliziert mit dem gyromagnetischen Verhältnis. Die magnetische Induktion wird

aufgrund der unterschiedlichen Ladungsverteilung der Elektronen an verschiedenen Plätzen im Molekül mehr oder weniger abgeschirmt. Mit dem Anwachsen der magnetischen Induktion des äußeren Feldes wird auch der Unterschied der Resonanzfrequenzen zweier in verschiedenen Molekülen gebundener Protonen größer, so auch im Fett- und Wassermolekül. Bei einer Differenz der Abschirmungsfaktoren von  $3,5 \times 10^{-6}$  und einer magnetischen Induktion des äußeren Feldes von 1,5 Tesla beträgt der Unterschied der Resonanzfrequenz von Protonen im Fett- und Wassermolekül beispielsweise 223,5 Hz. Bei Wahl einer Resonanzfrequenz ähnlich der von Gewebearten mit einem hohen Wassergehalt kommen diese mit einem hohen Signal zur Darstellung. Entsprechend kann bei Wahl einer Resonanzfrequenz ähnlich der des Fettgewebes das Signal dieser Gewebeanteile gut dargestellt werden. Die Signalintensitäten der fetthaltigen Gewebearten  $I_1$  und der wasserhaltigen Gewebearten  $I_2$  können mit  $I_1 = W + F$  und  $I_2 = W - F$  dargestellt werden. Bei Addition ergibt sich ein Bild, bei dem sich Wasser:  $I_1 + I_2 = 2 W$  und bei Subtraktion ein Bild, bei dem sich Fett:  $I_1 - I_2 = 2 F$  besser darstellt (22). Diese so genannten fettgesättigten Sequenzen helfen im Falle eine Ovarialraumforderung besonders bei der Differenzierung hämorrhagischer Läsionen von Dermoidzysten, wobei bei der Fettsuppression das Signal abnimmt, sofern ein Dermoid vorliegt. Bleibt ein hohes Signal erhalten, ist die Wahrscheinlichkeit groß, daß es sich um eine hämorrhagische Läsion handelt (27).

HASTE steht für „Half-Fourier-Acquired single shot turbo spin echo“. Dies ist eine Meß- und Rekonstruktionstechnik, bei der nur die Hälfte der normalen Anzahl der Messpunkte im k-Raum erfasst werden. Durch die Symmetrie des k-Raumes ist es möglich, aus der Intensität eines Aufnahmepunktes im positiven Sektor auf die Intensität des gespiegelten Aufnahmepunktes im negativen Sektor zu schließen: Durch die Rekonstruktion der zur Bilderstellung notwendigen Aufnahmepunkte ergibt sich das vollständige Bild. In Verbindung mit der turbo-Spin-Echo-Technik können Bilder mit einer Aufnahmezeit von ca. 1 sec erstellt werden (22).

Über die FLASH-Sequenz („Fast Low Angle SHot imaging“) berichtet im Einzelnen das Kapitel „MR-angiographische Technik“.

### *2.3.3 Untersuchungsprotokoll*

Bei jeder Patientin wurde das gesamte Becken in axialer, transversaler und sagittaler Schichtführung untersucht. Dabei kamen protonengewichtete Sequenzen zur Beurteilung der Morphologie und der Lymphknoten, T2-gewichtete fettgesättigte turbo-Spin-Echo-Sequenzen (mit etwa 5 min Dauer) zur Differenzierung liquider und solider Strukturen, T2-gewichtete „schnelle“ HASTE-Sequenzen (mit einer Dauer von etwa 20 sec) und „Fast Low Angle Shot imaging“- (FLASH) Sequenzen zur weiteren Differenzierung liquider und solider Strukturen und zur Orientierung zum Einsatz. Zusätzlich erfolgten Aufnahmen in MR-angiographischer Technik.

1) Die protonengewichtete Sequenz erfolgte in axialer Schichtführung mit einer Matrix von 228\*512 Pixel und einem Field of View (FOV) von 300 mm. Die Repetitionszeit (TR) wurde mit 1653 msec, die Echozeit (TE) mit 10 msec und der Flipwinkel mit 180° gewählt. Bei einer Einzeldicke von 7 mm wurden 31 Schichten aufgenommen. Die von posterior nach anterior phasenkodierten Aufnahmen dauerten bei zwei Datenakquisitionen insgesamt 256 sec.

2) Fettgesättigte Aufnahmen wurden in einer T2-gewichteten Sequenz axialer Schichtführung bei einer Matrix von 224\*512 Pixel vorgenommen. Die Repetitionszeit (TR) betrug 6510 msec, die Echozeit (TE) 96 msec und der Flipwinkel 180°. Es wurden 31 Schichten mit einer Einzelschichtdicke von 7 mm in zwei Datenakquisitionen aufgenommen. Die Aufnahmen dauerten 424 sec.

3) Die T2-gewichtete HASTE-Sequenzen erfolgten in coronarer sowie sagittaler Schichtführung mit einer 144\*256 Matrix. Die Aufnahmen dauerten jeweils 18 sec. Das Field of View (FOV) betrug 370 bzw. 350 mm, die Repetitionszeit (TR) 4 msec, die Echozeit (TE) 64 msec und der Flipwinkel 150°. Die sagittalen Aufnahmen erfolgten phasenkodiert von posterior nach anterior und die coronaren Aufnahmen phasenkodiert von links nach rechts.

### *2.3.4 MR-angiographische Technik*

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Verfahren wurde eine kontrastmittelunterstützte dreidimensionale MR-angiographische Technik angewandt. Diese beruht auf einer kontrastmittelinduzierten selektiven Verkürzung der T1-



Relaxationszeiten im Blut zum Zeitpunkt der Datenakquisition (17-21). Durch ein Testbolusverfahren wurde vor Beginn der Untersuchung überprüft, zu welchem Zeitpunkt das Kontrastmittel in möglichst hoher Konzentration im Becken vorliegt. Dazu wurde eine Menge von 2 ml Gadolinium mit einer Injektionsgeschwindigkeit von 2 ml/s und 20 ml NaCl in die Armvene appliziert. Dies erfolgte über einen MR-kompatiblen automatisierten Injektor. Gleichzeitig wurde mit der Aufnahme einer sagittalen zweidimensionalen Gradientenecho-Sequenz durch das Becken begonnen, wobei pro Sekunde ein neues, aktuelles Bild erstellt wurde. Anhand der zeitlichen Signalintensitätskurve konnte die Kreislaufzeit bestimmt und für die Berechnung der Untersuchungszeitverzögerung verwendet werden. Für die Kreislaufzeitbestimmung wurden mit einer 110\*128 Matrix und einem Field of View (FOV) von 300 mm 45 Schichten mit einer Einzeldicke von 7 mm aufgenommen. Die Repetitionszeit (TR) betrug 7,7 msec; die Echozeit (TE) 4,2 msec und der Flipwinkel 15°. Die Phasenkodierung erfolgte von posterior nach anterior.

Um die atmungsbedingten Artefakte zu verringern, wurden die Aufnahmen für die dreidimensionale angiographische Technik in Atemanhaltetechnik vorgenommen. Dabei wurden coronare Schichten ohne Zwischenschichtabstand (lückenlos) aufgenommen. Da das Schichtprofil nicht ideal ist, beeinflussen sich die Signale gegenseitig, was als Übersprechen bekannt ist (28). Deshalb müßte im Falle der 3D-Sequenzen eine verschachtelte Schichtfolge gewählt werden. Das bedeutet, daß mehrere nicht aufeinanderfolgende Schichtebenen gleichzeitig aufgenommen werden. Bei der 3D-Bildgebung werden jedoch nicht einzelne Schichten, sondern das gesamte Meßvolumen (der 3D-Block) angeregt. 3D-Block bedeutet mehrere 3D-Partitionen, in dieser Studie 56 bzw. 64, folgen lückenlos aufeinander. Die effektive Schichtdicke des 3D-Datenvolumens ergibt sich bei der Bildrekonstruktion (28) und beträgt bei einer Blockdicke von 96 mm 1,7 mm.

Um eine 512 Matrix verwenden zu können und die Meßzeit trotzdem so gering wie möglich zu halten, wurden die Zeilen reduziert auf ca. 7/8 der Zahl der Abtastpunkte, und zwar auf 235. Die Bildmatrix betrug damit 235\*512 Pixel (Verhältnis der Zahl der Zeilen zu der Zahl der Spalten) und das FOV 400 mm. Die Repetitionszeit (TR) wurde mit 1653 msec, die Echozeit (TE) mit 10 msec und der Flipwinkel mit 180° gewählt. Die von posterior nach anterior phasenkodierten Aufnahmen dauerten 27 sec.

Vor der Applikation des Kontrastmittels sowie im Anschluß an die venöse Phase wurde eine T1-gewichtete zweidimensionale FLASH-Sequenz in axialer Schichtführung durchgeführt. Bei der herkömmlichen Spin-Echo-Sequenz wird durch einem 90°- und in Folge einem 180°-Impuls die gesamte Magnetisierung von der longitudinalen in die transversale Ebene ausgelenkt. Um bei der nächsten Anregung auch ein Signal zu erhalten, muß zuvor ein beträchtlicher Teil der Magnetisierung wieder in die z-Richtung zurückgekehrt sein. Bei der FLASH-Sequenz wird die Gesamtmagnetisierung nicht wie bei der Spin-Echo Sequenz um 90° ausgelenkt, sondern um einen Winkel kleiner als 90°, wobei ein entsprechend großer Anteil der Magnetisierung in z-Richtung erhalten bleibt. Dieser Auslenkungswinkel ist der Flipwinkel. Da nur ein Teil der Gesamtmagnetisierung in die Transversalebene ausgelenkt wird, ist auch die Zeit für die Wiederherstellung der Magnetisierung in z-Richtung erheblich kürzer. Würde man jetzt einen 180° Auslesepuls anlegen, so würde damit die Magnetisierung in z-Richtung zerstört, und der durch den Flipwinkel gewonnene Zeitgewinn wäre verloren. Aus diesem Grund wendet man statt des 180° Pulses ein Gradientenfeld an. Durch die Verkürzung der benötigten Zeit zum Wiederaufbau der longitudinalen Magnetisierung verringert sich die Relaxationszeit und auch die Repetitionszeit (TR), die der zeitintensivste Faktor ist. Der entscheidende Vorteil der FLASH-Sequenzen gegenüber den Spin-Echo-Sequenzen sind die kurzen Aufnahmezeiten bei verbesserten Signal-zu-Rausch-Verhältnis (25). Die axiale FLASH 2D-Sequenz (zweidimensional) erfolgte mit einer 129\*256 Matrix und einem FOV von 300 mm. Die Repetitionszeit (TR) betrug 178 msec, die Echozeit (TE) 4 msec und der Flipwinkel 90°. Es wurden 23 Schichten mit einer Dicke von 7 mm aufgenommen. Die Meßzeit betrug dabei 23 sec.

Im Anschluß an die Aufnahmen der arteriellen und venösen Phase mit der angiographischen Technik erfolgte eine T1-gewichtete in Kopf-Fuß-Richtung phasenkodierte FLASH 2D-Sequenz in coronarer Schichtführung mit einer 141\*256 Matrix und einem Field of View (FOV) von 350 mm. Die Repetitionszeit (TR) betrug 152 msec, die Echozeit (TE) 4 msec und der Flipwinkel 90°.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die MRA-Rohdaten nachzubearbeiten. Die am meisten angewandte Technik ist die Projektion der maximalen Intensität (MIP). Dabei wird auf einem Strahl, der durch alle Einzelschichten geschickt wird, der jeweils hellste Pixel registriert und abgebildet. So kann ein Projektionsangiogramm, das sich

um eine zentrale Achse drehen lässt, erstellt werden (29). Zur Darstellung der Gefäße in der arteriellen und venösen Phase kann dann das Nativbild von den MRA-Rohdaten der beiden Phasen subtrahiert werden, was eine alleinige 3D-Darstellung der Gefäße des Beckens und komplexer Gefäßüberlagerungen ermöglicht. Zusätzlich besteht die Möglichkeit die 1,7 mm dünnen Einzelschichten zur Beurteilung der Vaskularisation der Gewebe und der intratumoralen Strukturen – als Grundlage dieser Studie - heranzuziehen.

## 2.4 Befundung

### 2.4.1 Bildauswertung

Die Differenzierung einer benignen und einer malignen Raumforderung erfolgt in der MRT wie in der CT nach den in der Tabelle 4 aufgeführten klassischen Kriterien.

Tab. 4: Richtlinien für die Dignitätsbeurteilung ovarieller Läsionen (30, 31)

Charakteristik	Benigne	Maligne
Größe	<40 mm	>40 mm
Abgrenzung	gut	schlecht
Aufbau	zystisch	solide oder zystisch /solide
Wanddicke	<3 mm	>3 mm
Vegetationen	fehlen	vorhanden
Septen	fehlen oder wenige	multipel
Nekrosen	fehlen	möglich
Aszites	fehlen	möglich
Lymphadenopathie	fehlen	möglich
Infiltrationen	fehlen	möglich

Auch in dieser Studie wurden zunächst die oben aufgeführten klassischen Kriterien der Dignitätseinschätzung ovarieller Veränderungen zur Beurteilung der MRT-Bilder herangezogen. Die Auswertung erfolgte somit unter der Fragestellung der Seitenlokalisation und dem Vorhandensein der sogenannten primären Kriterien wie der Größe der Raumforderung, der Wanddicke, der Septendicke und den soliden Anteilen. Um das Größenkriterium auswerten zu können, ist es wichtig zu wissen, ob die in der MRT vermutete Größe mit der tatsächlichen Größe übereinstimmt. Dazu wurden die bei der Operation entnommenen Tumoren, bei denen eine Größenangabe möglich war, den Werten der MRT gegenübergestellt und graphisch wiedergegeben und es wurde zunächst überprüft, ob es sich um einen ovariellen

Prozeß handelt. Konnte ein Ovarialtumor diagnostiziert werden, erfolgte im Anschluß die Zuordnung zu einer der folgenden Gruppen:

A – rein zystischer Tumor

B – rein solider Tumor

C – zystisch-solider Tumor

Ein Tumor, welcher der Gruppe A bzw. C zugeordnet werden konnte, wurde im weiteren nach seiner Wand- und Septendicke einer der folgenden Gruppen zugeteilt:

I – dünne Wand ( $\leq 3$  mm), keine Septen

II – dünne Wand, dünne Septen ( $\leq 3$  mm)

III – dünne Wand, dicke Septen ( $> 3$  mm)

IV – dicke Wand ( $> 3$  mm), keine Septen

V – dicke Wand, dünne Septen

VI – dicke Wand, dicke Septen

Die sogenannten sekundären Kriterien (Infiltration von Nachbarorganen, Aszites und vergrößerte pelvine Lymphknoten) konnten aufgrund der geringen Zahl nur deskriptiv betrachtet werden.

Zusätzlich zu den klassischen Kriterien erfolgte mit der Frage des diagnostischen Gewinns die Beurteilung der Vaskularisation und der Signalsteigerung durch das Kontrastmittel. Dazu wurden Werte für die arterielle und venöse Phase von 0, entspricht keiner Signalsteigerung, bis 2, entspricht einer hohen Signalsteigerung, vergeben.

Mit Hilfe dieser Punkte wurde eine Einteilung der Ovarien in acht Gruppen vorgenommen:

1 – Signalsteigerung in keiner Phase (0/0)

2 – Signalsteigerung von eins in der venösen Phase (0/1)

3 – Signalsteigerung von zwei in der venösen Phase (0/2)

4 – Signalsteigerung von eins in beiden Phasen (1/1)

5 - Signalsteigerung von zwei in der arterielle und eins in der venösen Phase (2/1)

6 - Signalsteigerung von eins in der arteriellen und zwei in der venösen Phase (1/2)

7 - Signalsteigerung von zwei in beiden Phasen (2/2)

8 - Signalsteigerung von zwei in der arteriellen Phase (2/0)

Mit diesen Gruppeneinteilungen erfolgte die Entitätseinschätzung der ovariellen Veränderungen. Nur ein Tumor der Gruppe A und I oder II in einem Ovar mit einer

geringen Signalsteigerung wurde als benigne eingeschätzt. Das heißt, war eines der primären Kriterien vorhanden, galt der Tumor als maligne. Die erste Auswertung wurde zunächst rein prospektiv ohne Kenntnis der klinischen Daten vorgenommen. Retrospektiv erfolgte mit Hilfe der einzelnen dünnen Schichten die erneute Überprüfung der Kriterien. Der Aussagewert dieser wurde durch die im entsprechenden Kapitel aufgeführten statistischen Tests geprüft.

#### *2.4.2 Artdiagnose*

Zusätzlich zur Dignitätseinschätzung wurde für die gutartigen Tumoren eine Artdiagnose unter den folgenden Gesichtspunkten vorgenommen. Das normale Ovar stellt sich im T1-gewichteten Bild isointens mit der Muskulatur und dem Uterus mit geringer Signalintensität dar und im T2-gewichteten Bild mit dem Fettgewebe äquivalenter Signalintensität. Seröse Funktionszysten (Follikelzysten, Corpus-luteum-Zysten) besitzen im T1-gewichteten Bild eine geringe Signalintensität und im T2-gewichteten Bild eine homogene hohe Signalintensität (12). Dermoidzysten - zystische, reife Formen der Teratome - besitzen Tumoranteile mit fettgewebsäquivalenten Signalintensitäten im T1- und T2-gewichteten Bild und eventuell vorhandene Inhomogenitäten, die durch Verkalkungen, Haare und fibröse Anteile zustande kommen. Der Nachweis von Schichtungsphänomenen (Fett / Flüssigkeit) und einer Rokitansky-Protuberanz ist typisch für Dermoidzysten (12, 31). Die Differenzierung eingebluteter Läsionen und fetthaltiger Teratome wurde anhand der fettsupprimierten Sequenz vorgenommen. Dabei bleiben die Einblutungen signalintensiv, während sich die fetthaltigen Tumoranteile signalarm darstellen (27).

Folgende Kriterien sprechen für ein Dermoid (32):

- Schichtungsphänomen zwischen flüssigen und soliden Anteilen
- Fett innerhalb des Tumors
- Fett-Flüssigkeitsschichtzeichen
- Chemical-Shift-Artefakt
- Polypoide Gewebsverdichtung innerhalb des Tumors (Rokitansky-Protuberanz)
- Verkalkungen

Sowohl Endometriosezysten als auch hämorrhagische Zysten besitzen aufgrund der Einblutung eine hohe Signalintensität im T1- und T2-gewichteten Bild. Deshalb

lassen sie sich nicht immer voneinander unterscheiden. Folgende Kriterien sprechen für eine Endometriosezyste (12, 27):

- die Läsion besteht aus mehreren hyperintensiven Zysten im T1-gewichteten Bild (unabhängig von der Signalintensität im T2-gewichteten Bild) oder
- die Zyste ist im T1-gewichteten Bild von hoher Signalintensität und im T2-gewichteten Bild von geringer Signalintensität.

Endometrioseherde lassen sich aufgrund eines sehr variablen Signalverhaltens im Gegensatz zu Endometriosezysten kernspintomographisch nicht sicher erfassen. Seröse Zystadenome stellen sich als uni- oder bilaterale Läsionen mit homogener Signalintensität in T1- und T2-gewichteten Aufnahmen, dünner gleichmäßiger Wand und / oder dünnen gleichmäßigen Septen ohne papilläre Strukturen dar. Muzinöse Zystadenome stellen sich als multilokuläre Läsionen mit unterschiedlichen Signalintensitäten in T1- und T2-gewichteten Aufnahmen und den gleichen Kriterien an Wand und Septen dar. Die Septen können durch die intravenöse Applikation von Gadolinium-DTPA besser differenziert werden (12). Ovarialfibrome mit einer Signalintensität ähnlich dem Myometrium im T1-gewichteten Bild haben im T2-gewichteten Bild eine geringere Signalintensität (32). Die Diagnose einer Hydrosalpinx kann aufgrund der typischen tubuläre Struktur mit hoher Signalintensität im T2gewichteten Bild bei geringer Signalintensität im T1-gewichteten Bild erfolgen. Da ein Tuboovarialabszeß einen Tumor sehr ähnlich sein kann, benötigt die Diagnose die Einbeziehung der klinischen Daten. In der kontrastmittelunterstützten MRT ist eine starke Kontrastmittelaufnahme der Abszeßwand und des umgebenden entzündlichen Gewebes charakteristisch (12).

## 2.5 *statistische Auswertung*

Da für einen medizinischen Test sowie für einzelne Kriterien am häufigsten die drei Größen Sensitivität, Spezifität und Treffsicherheit angegeben werden, und die Ergebnisse dieser Studie durch diese Werte vergleichbar sind, wurden sie für jedes Malignitätskriterium wie folgt berechnet (33):

Treffsicherheit =  $(RP+RN) / \text{alle Untersuchungen}$

Sensitivität =  $RP / (RP+FN)$

Spezifität =  $RN / (RN+FP)$

Dabei steht RP für richtig positive Befunde, RN für richtig negative Befunde, FP für falsch positive Befunde und FN für falsch negative Befunde.

Zur Überprüfung der Zuverlässigkeit der MRT in der Entitätseinschätzung ovarieller Prozesse wurde für die rein prospektive Auswertung der Konkordanzindex Kappa nach Cohen herangezogen. Er berechnet sich für die histologisch gesicherten Befunde wie folgt:

$$\text{Kappa} = 2 (ad - bc) / (a + c)(c + d) + (a + b)(b + d)$$

Dieser Formel liegt die Aufstellung einer Vierfeldertafel zu Grunde:

		MRT		
		pos	neg	
Histologie	pos	a	b	a + b
	neg	c	d	c + d
		a + c	b + d	n

a = RP (richtig positiv)

b = FN (falsch negativ)

c = FP (falsch positiv)

d = RN (richtig negativ)

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Goldstandard (Histologie und Verlaufskontrolle) und MRT-Befunde

In der MRT wurden nach dem Goldstandard (Histologie und Verlaufsbeurteilung) 97 Ovarien mit 15 benignen einfachen Zysten, 19 benignen komplizierten Zysten, fünf Dermoiden, zwei Fibromen, 21 Malignomen, einem luteinisierten Thekom und einem Tuboovarialabszeß untersucht. 33 Ovarien waren unauffällig, es wurden lediglich vier Myome, eine Hydrosalpinx und ein entzündlicher Prozess der Tube gefunden.

Tab. 5: Einteilung der benignen einfachen Zysten (n=15) nach der Einteilung (S. 28/29 ), 1-6 Histologie, 7-15 Verlaufsbeurteilung

Zyste	Gruppe	Gruppe	Gruppe
1	A	1	I
2	A	1	I
3	A	2	I
4	A	2	I
5	A	2	IV
6	A	1	IV
7	A	1	I
8	A	1	I
9	A	1	I
10	A	1	I
11	A	1	I
12	A	2	I
13	A	1	I
14	A	2	I
15	A	2	I



Damit wurden sämtliche Zysten als rein zystisch eingestuft. In 60% der Fälle zeigte sich in keiner Phase eine Signalsteigerung, in 40% gering in der venösen Phase. In ca. 87% konnte eine dicke Wand ohne Septen und in ca. 13% eine dünne Wand ebenfalls ohne Septen gesehen werden.

Tab. 6: Einteilung der benignen komplizierten Zysten (n=19) nach der Einteilung (S. 28/29), 1-18 Histologie, 19 Verlaufsbeurteilung

Zyste	Gruppe	Gruppe	Gruppe
1	A	7	I
2	A	6	IV
3	A	7	I
4	A	2	I
5	A	2	I
6	A	2	I
7	A	1	I
8	A	3	I
9	A	3	I
10	A	2	V
11	A	2	II
12	A	1	II
13	A	3	I
14	A	2	VI
15	A	4	II
16	A	1	I
17	A	3	IV
18	A	6	I
19	A	3	II

Damit wurden sämtliche Zysten als rein zystisch eingestuft. In ca. 16% der Fälle zeigte sich in keiner Phase eine Signalsteigerung, in ca. 32% gering in der venösen, in ca. 26% kräftig in der venösen, in ca. 5% gering in der arteriellen und venösen, in ca. 11% gering in der arteriellen und kräftig in der venösen und in ca. 11% kräftig in beiden Phasen. In ca. 58% konnte eine dünne Wand ohne Septen, in ca. 21% eine dünne Wand und dünne Septen, in ca. 11% eine dicke Wand ohne Septen, in ca. 5% eine dicke Wand und dünne Septen und in ca. 5% eine dicke Wand und dicke Septen gesehen werden.

Tab. 7: Gruppenzuordnung der Dermoide (n=5) nach der Einteilung (S. 28/29), 1-5 Histologie

Tumor	Gruppe	Gruppe	Gruppe
1	C	2	I
2	A	3	II
3	C	1	I
4	C	3	I
5	A	2	I

Damit wurden zwei Dermoide als rein zystisch und drei als zystisch-solide eingestuft. In 20% der Fälle zeigte sich in keiner Phase eine Signalsteigerung, in 40% gering in der venösen und in 40% kräftig in der venösen Phasen. In 80% konnte eine dünne Wand ohne Septen und in 20% eine dünne Wand und dünne Septen gesehen werden.

Die Fibrome wurden mit Hilfe der Einteilung (S. 28/29) folgenden Gruppen zugeordnet:

Gruppe B, Gruppe 2 sowie Gruppe B, Gruppe 6, beide Histologie. Somit sind beide als rein solide und mit einer geringen Signalsteigerung in der venösen bzw. geringen Signalsteigerung in der arteriellen und kräftigen in der venösen gesehen worden.

Tab. 8: Gruppenzuordnung der Malignome nach der Einteilung (S. 28/29), Histologie 1-19

Malignom	Gruppe	Gruppe	Gruppe
1	A	1	I
2	A	6	VI
3	C	6	IV
4	C	3	III
5	A	3	VI
6	C	7	VI
7	C	7	IV
8	A	1	IV
9	C	3	IV
10	C	7	IV
11	C	7	IV
12	C	7	IV
13	C	7	II
14	C	7	II
15	C	7	IV
16	C	6	V
17	C	6	V
18	C	7	II
19	C	7	II

Damit wurden vier Malignome als rein zystisch (ca. 21%) und 15 als zystisch-solide (ca. 79%) eingestuft. In ca. 10% der Fälle zeigte sich in keiner Phase eine Signalsteigerung, in ca. 21% gering in der arteriellen und kräftig in der venösen, in ca. 16% kräftig in der venösen und in ca. 53% kräftig in beiden Phasen. In weniger als 1% konnte eine dünne Wand ohne Septen, in ca. 16% eine dicke Wand und dicke Septen, in ca. 42% eine dicke Wand, aber keine Septen, in unter 1% eine dünne Wand und dicke Septen, in ca. 1% eine dünne Wand und dünne Septen und in ca. 11% eine dicke Wand und dünne Septen gesehen werden.

Zwei Borderline-Tumoren wurden mit Hilfe der Einteilung (S. 28/29) folgenden Gruppen zugeordnet: Gruppe A, Gruppe 7, Gruppe VI sowie Gruppe B, Gruppe 3, beide Histologie. Somit erschien einer der Tumoren als rein zystisch mit einer kräftigen Signalsteigerung in beiden Phasen und einer dicken Wand und dicken Septen und der andere solide mit einer kräftigen Signalsteigerung in der venösen Phase.

Das luteinisierte Thekom wurde mit Hilfe der Kriterien folgenden Gruppen zugeordnet: Gruppe C, Gruppe 6, Gruppe V (Histologie), also zystisch-solid mit einer geringen Signalsteigerung in der arteriellen und einer kräftigen in der venösen Phase und einer dicken Wand und dicken Septen.

Der Tuboovarialabszeß wurde mit Hilfe der Kriterien folgenden Gruppen zugeordnet: Gruppe A, Gruppe 7, Gruppe IV (operativ), also rein zystisch mit kräftiger Signalsteigerung in beiden Phasen und dicker Wand ohne Septen.

Tab. 9: Anzahl der Ovarialraumforderungen (n=64) in den Gruppen A, B, C (entsprechend der Einteilung S. 28) nach dem Goldstandard

Gruppe	A (n=42)	B (n=3)	C (n=19)
benigne einfache Zyste	15	0	0
benigne komplizierte Zyste	19	0	0
Dermoid / Teratom	2	0	3
Fibrom	0	2	0
Borderline Tumoren	1	1	0
Malignom	4	0	15
Luteinisiertes Thekom	0	0	1
Tuboovarialabszess	1	0	0

Tab. 10: Anzahl der Ovarialraumforderungen (n=64) in den Gruppen 1 - 8 (entsprechend der Einteilung S. 29) nach dem Goldstandard für die arterielle / venöse Phase

Gruppe	1 (n=15)	2 (n=15)	3 (n=11)	4 (n=1)	5 (n=0)	6 (n=8)	7 (n=14)	8 (n=0)
benigne einfache Zyste	9	6	0	0	0	0	0	0
benigne komplizierte Zyste	3	6	5	1	0	2	2	0
Dermoid / Teratom	1	2	2	0	0	0	0	0
Fibrom	0	1	0	0	0	1	0	0
Borderline Tumoren	0	0	1	0	0	0	1	0
Malignom	2	0	3	0	0	4	10	0
Luteinisiertes Thekom	0	0	0	0	0	1	0	0
Tuboovarial-abzsess	0	0	0	0	0	0	1	0

Tab. 11: Anzahl der Ovarialraumforderungen (n=64) in den Gruppen I - VI (entsprechend der Einteilung S. 29) nach dem Goldstandard

Gruppe	I (n=29)	II (n=9)	III (n=1)	IV (n=13)	V (n=5)	VI (n=5)
benigne einfache Zyste	13	0	0	2	0	0
benigne komplizierte Zyste	11	4	0	2	1	1
Dermoid	4	1	0	0	0	0
Borderline Tumoren	0	0	0	0	1	1
Malignom	1	4	1	8	2	3
Luteinisiertes Thekom	0	0	0	0	1	3
Tuboovarialabszess	0	0	0	1	0	0

In der MRT wurden diagnostiziert 24 benigne einfache Zysten, 14 benigne komplizierte Zysten (vier eingeblutet, sieben septiert, drei eingeblutet und septiert), vier Dermoide, zwei Fibromen, 20 Malignome.

Tab. 12: Einteilung der benignen einfachen Zysten (n=24) nach der Einteilung S. 28/29

Zyste	Gruppe	Gruppe	Gruppe
1	A	1	I
2	A	7	I
3	A	2	I
4	A	1	I
5	A	1	I
6	A	2	I
7	A	2	I
8	A	2	I
9	A	2	I
10	A	1	I
11	A	2	IV
12	A	1	IV
13	A	1	I
14	A	3	I
15	A	3	I
16	A	1	I
17	A	1	I
18	C	2	I
19	A	1	I
20	A	1	I
21	A	2	I
22	A	1	I
23	A	2	I
24	A	2	I

In 15 Fällen erfolgte eine histopathologische Aufarbeitung des Befundes. Er bestätigte sich in sechs Fällen (1, 5, 6, 9, 11, 12). Sechs der als einfache Zysten diagnostizierten Befunde stellten sich histologisch eingeblutet dar (2, 3, 7, 8, 13, 15). Eine Zyste zeigte sich septiert (15). Bei einer Zyste handelte es sich um ein Dermoid (18) und bei einer anderen Zyste um einen malignen Tumor (17). Neun einfache benigne Zysten (4, 10, 16, 19 - 24) wurden im Verlauf weiter beobachtet.

Tab. 13: Einteilung der benignen komplizierten septierten Zysten (n=7) nach der Einteilung S. 28/29

Zyste	Gruppe	Gruppe	Gruppe
1	A	2	V
2	A	2	II
3	A	1	II
4	A	7	VI
5	A	6	VI
6	A	3	V
7	A	3	II

Tab. 14: Einteilung der benignen komplizierten (eingeblutete bzw. septiert und eingeblutete) Zysten nach der Einteilung S. 28/29

Zyste	Gruppe	Gruppe	Gruppe
1	A	3	I
2	A	2	VI
3	A	4	II
4	A	1	I
5	A	3	IV
6	A	6	I
7	A	3	II

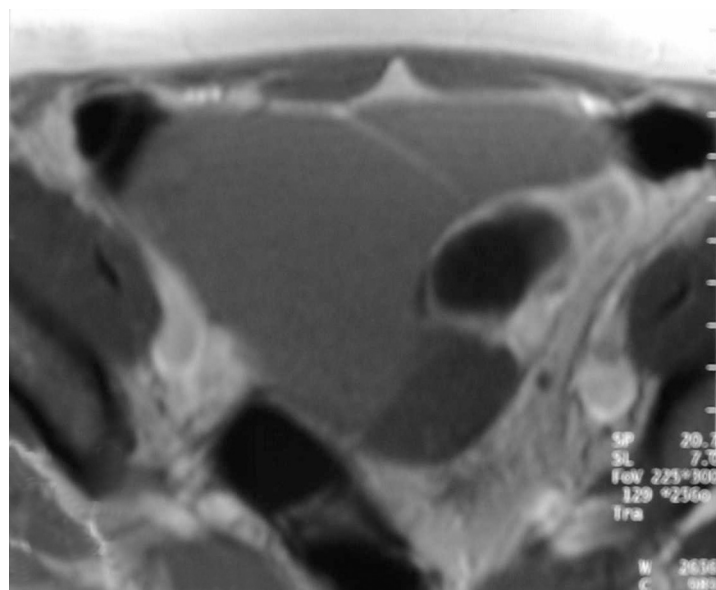
In der MRT stellten sich zehn Zysten septiert dar. Davon waren drei Zysten eingeblutet und septiert (Tabelle 14 2, 3, 7). Neun Zysten wurden histopathologisch untersucht, davon zwei eingeblutete und septierte Zysten. Der Befund bestätigte sich in den genannten Fällen. In drei Fällen handelte es sich um ein Zystadenom (Tabelle 13 1, 2, 3). Die eindeutige Identifikation als Zystadenom / Zystadenofibrom oder gar die Unterscheidung zwischen einem muzinösen und einem serösen Zystadenom in der MRT war bei den benignen Tumoren in keinem Fall möglich. In den anderen vier Fällen handelte es sich um ein Dermoid (7), um zwei Borderline-Tumoren (4, 6) und um ein Malignom (5).

In unseren MRT-Untersuchungen traten sieben eingeblutete benigne Zysten bei sieben Patientinnen auf. Drei Zysten waren zusätzlich septiert (Tabelle 14 2, 3, 7). Bis auf eine Zyste (Tabelle 14 7) wurden diese histologisch untersucht, und es wurde die Diagnose einer Endometriosezyste gestellt. Eine Differenzierung eingebluteter Zysten von Endometriosezysten wurde in der MRT nicht vorgenommen. Die restlichen vier Zysten wurden ebenfalls histologisch untersucht. In einem Fall

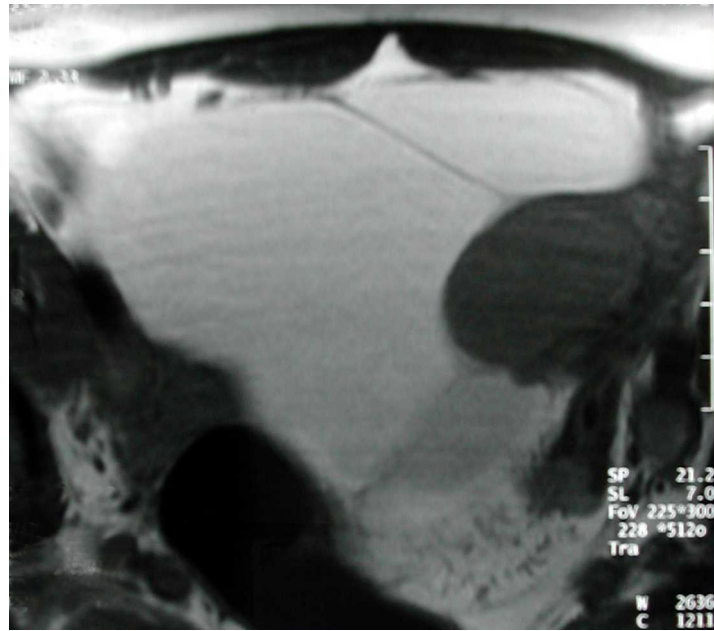
handelte es sich um ein mehrkammeriges, muzinöses Zystadenom (Tabelle 14 5). In den drei anderen Fällen wurde ebenfalls eine Endometriosezyste (Tabelle 14 1, 4, 6) diagnostiziert.

Unter den Malignomen gab es zwei Tumoren, die eingeblutet erschienen. Diese sollen hier aber nicht im einzelnen betrachtet werden, da sie im Abschnitt Malignom aufgeführt sind.

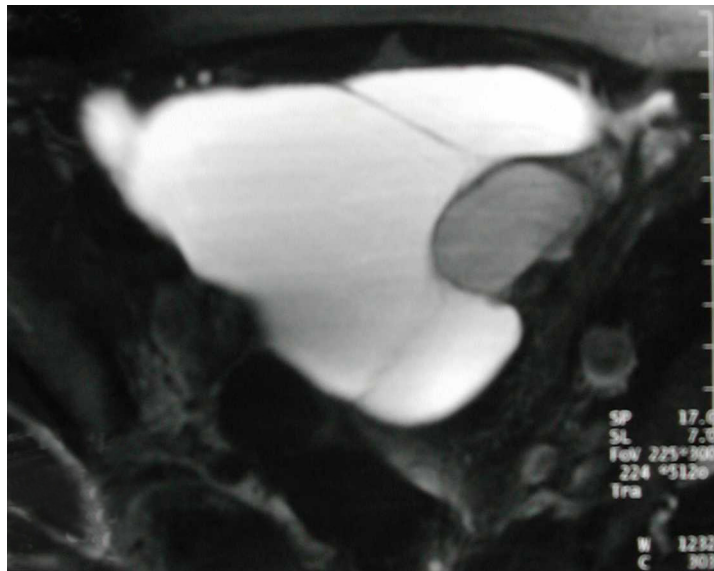
Die Abbildungen 1a-c zeigen als Beispiel für eingeblutete Zysten den Befund einer 44jährigen Patientin mit einer 145 x 80 x 105 mm durchmessenden zystisch erscheinenden Raumforderung mit glatter äußerer Berandung, zarten Septen und liquider Füllung. Abbildung 1a zeigt dabei eine FLASH 2D-Aufnahme der Zyste. Hier stellt sie sich mit mittlerer Signalintensität dar. Abbildung 1b zeigt dazu die protonengewichtete Aufnahme. Die Signalintensität ist größer als in den Aufnahmen mit geringerer Repetitionszeit. Zur Differenzierung eines eventuell vorliegenden Dermoids ist in Abbildung 1c die fettsupprimierte Aufnahme wiedergegeben. Die hohe Signalintensität bleibt erhalten, was die Diagnose Endometriosezyste wahrscheinlich macht.



**Abb. 1:** FLASH 2D-Aufnahme einer eingebluteten Zyste



**Abb. 2:** protonengewichtete Aufnahme einer eingebluteten Zyste



**Abb. 3:** fettsuppremierte Aufnahme einer eingebluteten Zyste

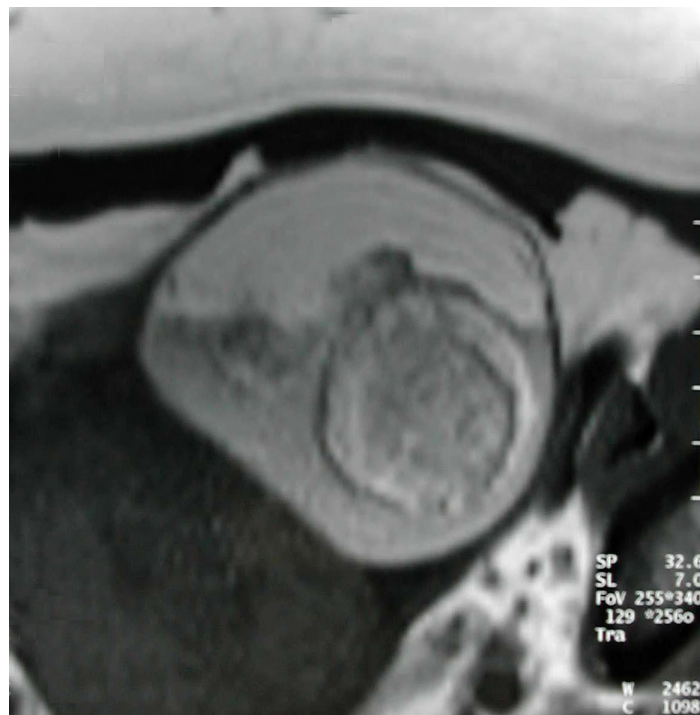
Tab. 15: Einteilung der Dermoide nach der Einteilung S. 28/29

Tumor	Gruppe	Gruppe	Gruppe
1	A	7	I
2	C	1	I
3	C	3	I
4	A	2	I
5	C	2	I
6	A	3	II

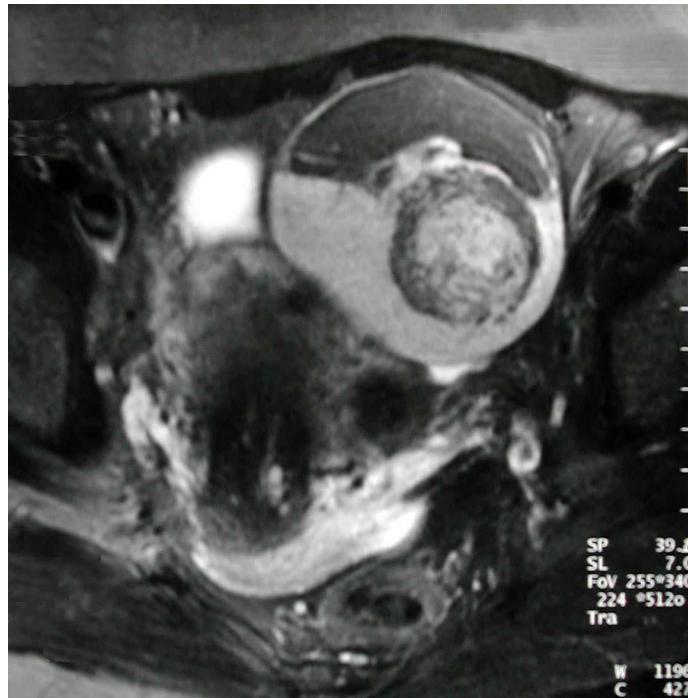


In vier Fällen (1 - 4) wurde ein Dermoid, ein reifes zystisches Teratom, vermutet. Sie wurden histologisch untersucht. Der Befund bestätigte sich in drei Fällen. Zwei histologisch diagnostizierte Dermoiden (5 und 6) wurden in der MRT nicht als solche erkannt. In einem Fall wurde dabei die Verdachtsdiagnose einer septierten Zyste (6) und in dem anderen Fall einer einfachen Zyste (5) gestellt. Bei einer Patientin mit der Verdachtsdiagnose Dermoid (1) konnte histologisch der Befund einer eingebluteten Zyste gestellt werden.

Die Abbildungen 2a/b zeigen als Beispiel den Befund einer 45jährigen Patientin mit einem 75 mm durchmessenden reifen Teratom. Klinisch auffällig war bei ihr ein im Mittelbauch liegender und bis zum Nabel reichender Tumor. Abbildung 2a zeigt in der FLASH 2D-Aufnahme eine glatt begrenzte, zystisch aufgebaute Raumforderung mit soliden Binnenstrukturen. Die Zyste bildet einen Spiegel, wobei oberhalb des Spiegels fettreiche Substanz liegt. Das es sich um fettreiche Substanz handelt, wird in der fett-supprimierten Aufnahme 2b deutlich. Die Signalintensität ist hier kleiner als in der FLASH 2D-Aufnahme.



**Abb. 4: FLASH 2D-Aufnahme eines reifen Teratoms**



**Abb. 5: fettsuppremierten Aufnahme eines reifen Teratoms**

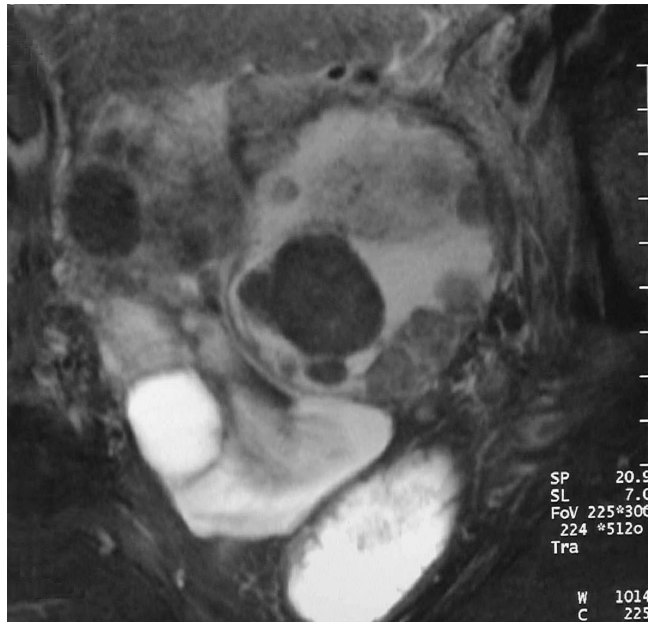
Damit wurden zwei Dermoide als rein zystisch und drei als zystisch-solide eingestuft. In 20% der Fälle zeigte sich in keiner Phase eine Signalsteigerung, in 40% gering in der venösen und in 40% kräftig in der venösen Phasen. In 80% konnte eine dünne Wand ohne Septen und in 20% eine dünne Wand und dünne Septen gesehen werden.

In der MRT konnten mit den aus der Literatur bekannten Kriterien zwei Fibrome diagnostiziert werden. Der Befund bestätigte sich in beiden Fällen histologisch. Die beiden Fibrome stellten sich in der MRT als vollständig solide Tumoren ohne zystische Anteile dar. Sie waren glatt berandet. Es gab keine Malignitätskriterien, wie Aszites oder Lymphknotenvergrößerungen, so dass die Diagnose Fibrom gestellt werden konnte. Sie

wurden mit Hilfe der Einteilung (S. 28/29) folgenden Gruppen zugeordnet:

Gruppe B, Gruppe 2 sowie Gruppe B, Gruppe 6.

Die Abbildung 3 zeigt als Beispiel den Befund einer 49jährigen Patientin mit einem stark ödemisierten Fibrom des linken Ovars. Die 70 mm durchmessende Raumforderung stellt sich glatt begrenzt und solide, aber inhomogen aufgebaut dar. Die Abbildung zeigt das signalreiche Stroma mit mehreren unterschiedlich großen signalarmen Bereichen.



**Abb. 6: fettsupprimierte Aufnahme eines Fibrom**

Mit den in den vorigen Abschnitten aufgeführten Kriterien wurde in der MRT bei 20 Ovarien der Befund eines malignen Tumors gestellt.

Tab. 16: Einteilung der Malignome mit Hilfe der Einteilung (S. 28/29)

Malignom	Gruppe	Gruppe	Gruppe
1	A	6	IV
2	C	6	V
3	A	7	IV
4	C	6	IV
5	C	3	III
6	A	3	VI
7	C	7	VI
8	C	7	IV
9	A	1	IV
10	C	3	IV
11	C	7	IV
12	C	7	IV
13	C	7	IV
14	C	7	II
15	C	7	II
16	C	7	IV
17	C	6	V
18	C	6	V
19	C	7	II
20	C	7	II

Alle Raumforderungen mit dem Verdacht auf einen malignen Tumor wurden histologisch untersucht. In drei Fällen (1 - 3) wurde dabei eine benigne Veränderung gefunden. Im ersten Fall (1) handelte es sich um eine benigne eingeblutete Zyste, im zweiten Fall (2) um ein luteinisiertes Thekom und im dritten Fall (3) um einen Tuboovarialabszeß.

Die dicken Wände und die starke Kontrastmittelaufnahme führte zur Fehldiagnose der drei erstgenannten Veränderungen. Hingegen trugen diese Kriterien in den 17 weiteren Fällen und dort besonders in den zwei Fällen, die keine soliden Anteile zeigten, zur richtigen Diagnose bei.

Vier maligne Tumoren wurden in der MRT nicht als solche erkannt. Tabelle 17 zeigt die Gruppeneinteilung dieser. Dabei handelte es sich um zwei Borderline-Tumoren und ein beidseitiges mikropapilläres seröses Karzinom.

Tab. 17: Gruppeneinteilung der MR-angiographisch falsch benignen Veränderungen mit Hilfe der Einteilung (S. 28/29)

Art des Tumors	Gruppe	Gruppe	Gruppe
Borderline-Tumor	A	7	VI
Borderline-Tumor	A	3	V
mikropapilläres seröses Karzinom	A	6	VI
mikropapilläres seröses Karzinom	A	1	I

Tab. 18: Anzahl der Raumforderungen in den Gruppen A,B,C nach der MRT-Diagnose (mit Hilfe der Einteilung S. 28)

Gruppe	A (n=43)	B (n=2)	C (n=19)
benigne einfache Zyste	23	0	1
benigne komplizierte Zyste	14	0	0
Dermoid	2	0	2
Fibrom	0	2	0
Malignom	4	0	16

Tab. 19: Anzahl der Raumforderungen in den Gruppen 1-8 nach der MRT-Diagnose für die arterielle / venöse Phase mit Hilfe der Einteilung (S. 29)

Gruppe	1 (n=43)	2 (n=20)	3 (n=11)	4 (n=3)	5 (n=0)	6 (n=6)	7 (n=14)	8 (n=0)
unauffällige Ovarien	28	3	0	2	0	0	0	0
benigne einfache Zyste	11	10	2	0	0	0	1	0
benigne komplizierte Zyste	2	5	5	1	0	0	1	0
Dermoid	1	1	1	0	0	0	1	0
Fibrom	0	1	0	0	0	1	0	0
Malignom	1	0	3	0	0	5	11	0

Tab. 20: Anzahl der Raumforderungen in den Gruppen 1-8 nach der MRT-Diagnose für die venöse Phase / FLASH 2D-Aufnahmen mit Hilfe der Einteilung (S. 29)

Gruppe	1 (n=40)	2 (n=3)	3 (n=0)	4 (n=8)	5 (n=0)	6 (n=13)	7 (n=32)	8 (n=1)
Unauffällige Ovarien	27	1	0	2	0	3	0	0
Benigne einfache Zyste	10	1	0	4	0	6	3	1
Benigne komplizierte Zyste	1	1	0	1	0	3	7	0
Dermoid	1	0	0	0	0	1	2	0
Fibrom	0	0	0	1	0	0	1	0
Malignom	1	0	0	0	0	0	19	0

Tab. 21: Anzahl der Raumforderungen in den Gruppen I-VI nach der MRT-Diagnose mit Hilfe der Einteilung (S. 29)

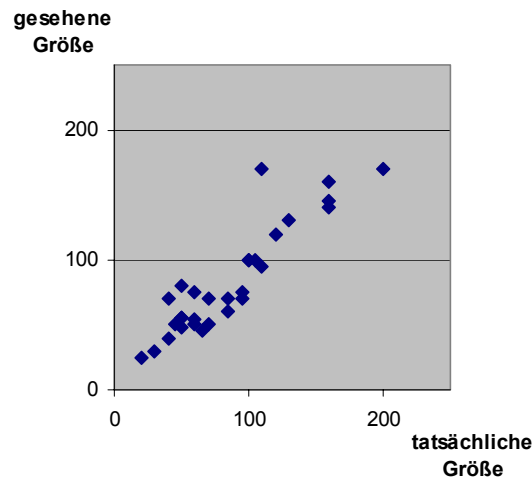
Gruppe	I (n=29)	II (n=9)	III (n=1)	IV (n=13)	V (n=5)	VI (n=5)
Benigne einfache Zyste	22	0	0	2	0	0
Benigne komplizierte Zyste	3	5	0	1	2	3
Dermoid	4	0	0	0	0	0
Fibrom	0	0	0	0	0	0
Malignom	0	4	1	10	3	2

### 3.2 Ergebnisse der einzelnen Kriterien

Der kleinste gemessene Durchmesser der in der MRT erkannten Läsionen betrug 15 mm und der größte 180 mm (Mittel: 78 mm). Die Größe der Läsionen der nichtoperierten Patientinnen reichte von 15 bis 55 mm, die der benignen Tumoren operierter Patientinnen von 25 bis 145 mm (Mittel: 70 mm) und die der malignen Tumoren von 70 bis 230 mm (Mittel: 117 mm).

Die Übereinstimmung der in der MRT ermittelten mit der tatsächlichen Größe gibt folgende Abbildung wieder.

**Abb. 7: Gegenüberstellung der in der MRT ermittelten Größen der Läsionen zu den Größen der entnommenen Präparate**



Der Korrelationskoeffizient nach Pearson errechnet sich für den Größenvergleich zu 0,913. Es besteht nach diesem Wert eine starke Übereinstimmung der in der MRT gesehenen und tatsächlichen Größe.

In 28 Fällen (ca. 44%) wurde die Läsion als vom rechten Ovar und in 36 Fällen (ca. 56%) als vom linken Ovar ausgehend beschrieben. Bei 16 Patientinnen (ca. 32%) waren dabei beide Ovarien betroffen. Bei 11 Patientinnen (ca. 22%) war nur das rechte Ovar, bei 21 Patientinnen (ca. 41%) nur das linke Ovar und bei den oben genannten drei Patientinnen war kein Ovar betroffen. Ein beidseitiger Befund gleicher Art ist dabei bei zehn Ovarien (fünf Patientinnen) mit dem Verdacht auf einen malignen Prozeß und bei acht Ovarien (vier Patientinnen) mit einfachen benignen Zysten gefunden worden. Bei zwei Patientinnen mit dem Verdacht auf einen malignen Tumor war nur noch ein Ovar vorhanden.

Das Größenkriterium kann bezogen auf alle 97 Ovarien überprüft werden. Es gab 47 Ovarien mit Tumoren, die größer waren als 40 mm. Dabei handelte es sich in 27 Fällen um benigne Veränderungen und in 19 Fällen um maligne Veränderungen. Zwei Ovarien mit einem malignen Tumor waren nicht größer als 40 mm und 49 Ovarien, welche unauffällig bzw. benigne verändert waren, waren ebenfalls nicht vergrößert. Für das Größenkriterium errechnet sich eine Treffsicherheit von 71%, eine Sensitivität von 91% und eine Spezifität von 65%.

Das Kriterium "solide Anteile" wird bezogen auf die 62 nicht vollständig soliden und rein zystischen Tumoren, also auf die Raumforderungen der Gruppe A und C. 19 der 62 Veränderungen (Gruppe C) zeigten in der MRT solide Anteile. Von diesen Tumoren waren 15 maligne und vier benigne. Fünf maligne Tumoren und 38 benigne Tumoren waren der Gruppe A zuzurechnen, hatten also keine soliden Anteile. Für das Kriterium "solide Anteile" errechnet sich eine Treffsicherheit von 86%, eine Sensitivität von 75% und eine Spezifität von 91%.

Die Überprüfung des Kriteriums der "verdickten Wände" wird bezogen auf die 62 in der MRT gesehenen Läsionen der Gruppe A und C. Dabei stellten sich 14 der 21 malignen Tumoren und sieben der 41 benignen Veränderungen mit einer Wanddicke über 3 mm dar. Sieben maligne Tumoren und 34 benigne Veränderungen hatten eine Wand, die dünner war als 3 mm. Für das Kriterium "verdickte Wände" errechnet sich eine Treffsicherheit von 78%, eine Sensitivität von 67% und eine Spezifität von 83%.

Die Überprüfung des Kriteriums "verdickte Septen" erfolgt für die 16 Läsionen, welche sich in der MRT septiert darstellten. Davon waren fünf benigne und 11 maligne. Fünf der 11 malignen Tumoren hatten Septen, welche dicker waren als 3 mm und ein benigner Tumor hatte Septen dicker als 3 mm. Vier maligne Tumoren und sechs benigne Tumoren stellten sich mit dünnen Septen dar. Für das Kriterium "verdickte Septen" errechnet sich eine Treffsicherheit von 69%, eine Sensitivität von 56% und eine Spezifität von 86%.

Für die beiden Kriterien "verdickte Septen" und "verdickte Wände" konnte bezogen auf alle 97 Ovarien zusammen eine Treffsicherheit von 86%, eine Sensitivität von 72% und eine Spezifität von 89% gefunden werden. 67 Fälle waren dabei richtig benigne, acht Fälle falsch maligne, 16 Fälle richtig maligne und sechs Fälle falsch benigne.

Durch das Heranziehen des Kriteriums Aszites zu den beiden Kriterien "verdickte Septen" und "verdickte Wände" steigert sich die Treffsicherheit auf 87%, die Sensitivität auf 81% und die Spezifität bleibt bei 89%, da zwei Malignome nun zusätzlich als richtig maligne gewertet werden konnten. Ein Aszites trat in keinem Fall eines benignen Tumors, aber in 11 Fällen eines malignen Tumors auf. In sieben Fällen trat er dabei in Kombination mit dem Merkmal Adhäsion / Infiltration und davon

in zwei Fällen zusätzlich mit dem Merkmal Lymphknotenvergrößerung auf. Für den Aszites ist die alleinige Bewertung auf Grund der geringen Anzahl der vorhandenen Fälle, wie im Kapitel Diskussion aufgeführt wird, nicht sinnvoll. Ebenso ist die Bewertung der Kriterien "Adhäsionen / Infiltrationen" und "Lymphknotenvergrößerung" durch die geringe Anzahl und das unspezifische Auftreten einzeln nicht beurteilbar. Durch das Heranziehen des Kriteriums "Adhäsionen / Infiltrationen" zu den Kriterien "verdickte Septen", "verdickte Wände" und "Aszites" steigert sich die Treffsicherheit jedoch auf 90%, die Sensitivität auf 91% und die Spezifität bleibt wieder bei 89%. Zwei Malignome konnten nun zusätzlich als richtig maligne gewertet werden können. Bei 14 Ovarien (11 Patientinnen) wurde eine Adhäsion bzw. eine Infiltration der Raumforderung in die Umgebung vermutet. In drei Fällen konnte dabei eine Infiltration in die Nachbarorgane zwar ausgeschlossen werden, eine Fixierung am Zäkum, am Sigma, an den Dünndarmschlingen und an der Becken- bzw. Bauchwand war jedoch möglich. Zwei andere Raumforderungen wirkten am Rektum fixiert, eine Infiltration war in diesem Fall nicht gänzlich auszuschließen. In einem Fall wirkte die Bauchdecke infiltriert und die Dünndarmschlingen und das Querkolon fixiert. Eine Raumforderung konnte nicht sicher von der Beckenwand abgegrenzt werden und auch die Uterushinterwand wirkte fixiert, der sichere Nachweis einer Infiltration der Nachbarorgane war jedoch nicht möglich. In einem Fall konnte eine Infiltration in die Skelettmuskulatur und eine Knochenmetastasierung festgestellt werden. Eine andere Patientin hatte ein soweit fortgeschrittenes Karzinom, daß peritoneale Metastasen bestanden und der Darm parietal anhaftete. In einem anderen Fall wurde eine Infiltration in das Rektum diagnostiziert. Diese vermuteten Adhäsionen und Infiltrationen betrafen sowohl eine einfache benigne Zyste, eine komplizierte Zyste, ein Fibrom und 11 Malignome (MRTBefunde).

Das zusätzliche Heranziehen des Kriteriums "solide Anteile" bringt zu den letztgenannten Werten keinen diagnostischen Gewinn. Im Gegenteil, es sinkt die Treffsicherheit unter Verwendung aller fünf Kriterien auf 86% und die Spezifität auf 84%. Der Grund liegt darin, daß keines der beiden die anderen Kriterien nicht erfüllenden Malignome solide Anteile hatte, daß aber zwei Fibrome und zwei Dermioide nun zusätzlich als falsch maligne gewertet werden müßten. Aus diesem



Grund wird in der Bewertung des einzelnen Kriteriums "solide Anteile" vorerst auch nur von den 62 Läsionen der Gruppe A und C ausgegangen.

Da es für die Detektion auffälliger Lymphknoten zur Zeit noch kein anderes als das Größenkriterium gibt, kann nur über dieses Merkmal eine Aussage gemacht werden. Nur in drei Fällen waren die Lymphknoten vergrößert, und zwar bei einer Patientin mit einem Fibrom und bei zwei Patientinnen mit einem Malignom. Bei der Patientin mit dem Fibrom fanden sich dabei paraaortal zwei bis auf 12 mm grenzwertig vergrößerte Lymphknoten. In einem Fall einer Patientin mit einem Malignom fanden sich lumbal, paraaortal und iliakal vergrößerte Lymphknoten. In dem anderen Fall eines Malignoms waren ebenfalls die lumbalen, paraaortalen und inguinalen Lymphknoten auf 15 mm vergrößert.

Für die Kontrastierung der 97 Ovarien in der arteriellen Phase wurde eine Treffsicherheit von 85%, eine Sensitivität von 43% und eine Spezifität von 96% und in der venösen Phase eine Treffsicherheit von 84%, eine Sensitivität von 91% und eine Spezifität von 82% gefunden.

Der Kappa-Index berechnet sich für die gesamte MRT zu 0,75. Dieser Wert spricht für eine sehr gute Übereinstimmung der histopathologischen Ergebnisse und der MRT-Verdachtsdiagnosen.

Zur Wertigkeit der MRT in der Diagnostik ovarieller Raumforderungen liegen viele Veröffentlichungen vor (34-42). Mehrere dieser Studien beschäftigten sich dabei lediglich mit einer Gruppe von Ovarialtumoren und / oder sind retrospektiv angelegt (34-39). Frühere Studien wurden teilweise mit MR-Tomographen niedriger Feldstärke durchgeführt (40). Das bedingt ein niedriges Signal-zu-Rausch-Verhältnis. Weiterhin kam in den meisten Studien eine geringe Matrixgröße bei hoher Schichtdicke zur Anwendung. Bisher gibt es keine Studien, die über Untersuchungen mit einer Schichtdicke von nur 1,7 mm und einer 512 Matrix berichten. Es liegen nur wenige Ergebnisse zu Untersuchungen vor, die mit einem MRT-Gerät einer Feldstärke von 1,5 Tesla und einer Body-phased-array-Spule durchgeführt wurden (41, 42).

Die dieser Arbeit zu Grunde liegende Studie wurde unter Verwendung eines 1,5 Tesla MRT-Gerätes, einer Body-phased-array-Spule, einer 512 Matrix und einer Schichtdicke von nur 1,7 mm durchgeführt. Aufgrund der besseren Orts- und Kontrastauflösung, konnte so zum ersten Mal der Wert der MR-angiographischen Technik für die Dignitätsbeurteilung von Ovarialtumoren überprüft werden. Dabei wurden alle Differentialdiagnosen in die Studie aufgenommen, so daß eine prospektive Dignitätseinschätzung und eine Artdiagnose der als benigne erkannten Prozesse vorgenommen werden konnte. Da auch im klinischen Alltag bei der Befundung noch keine pathologischen Untersuchungsbefunde vorliegen, entspricht dies dem diagnostischen Weg. Lediglich die Beurteilung der Kontrastierung, die Ausmessung der Wand- und Septendicke und die Suche nach soliden Anteilen erfolgte neben der prospektiven Beurteilung auf der Grundlage der konventionellen Bilder retrospektiv mit den 1,7 mm dicken Schichten, um den Wert jedes einzelnen Kriterium zu testen. Trotzdem wurden für die Berechnung des Kappa-Indexes die prospektiv ermittelten Werte herangezogen und nicht nachträglich verändert. Die Treffsicherheit betrug dabei 92%, die Sensitivität durch die hohe Zahl falsch benigner Werte nur 77% und die Spezifität durch die hohe Zahl richtig benigner Werte 96%.

#### 4.1 *Magnetresonanztomographische Angiographie und MIP*

Die Verwendung der kontrastmittelunterstützten 3D MRA-Technik ist heute der konventionellen 3D-Akquisition, die mit langen Aquisitionszeiten und ausgeprägten Sättigungsartefakten einhergeht, vorzuziehen. Bei herkömmlichen MR-Angiographie-Sequenzen kommt das Flußsignal aufgrund von Einfluß- (Time-of-flight-Angiographie) oder Phasenphänomenen (Phasenkontrasttechnik) zustande. Die kontrastverstärkte

3D MRA-Technik beruht auf einer kontrastmittelinduzierten selektiven Verkürzung der T1-Relaxationszeiten im Blut. Daraus resultiert eine verkürzte Akquisitions- und Untersuchungszeit bei verbesserten Signal-zu-Rausch-Verhältnis und reduzierten Bewegungsartefakten. Diese Technik bedingt allerdings den Einsatz von Hochleistungsgradientensystemen, denn nur an diesen können die ultrakurzen Repetitions- und Echozeiten, die für Aufnahmen in Atemanhaltetechnik notwendig sind, eingehalten werden. Lediglich Untersuchungen der Aorta und größerer Beckengefäße können auch an anderen Geräten mit dieser Technik durchgeführt werden. Die gute Darstellung von Gefäßsystemen setzt die Aufnahme von bis zu 64 aufeinanderfolgenden Schichten mit einer auf die individuelle Morphologie angepassten Schichtdicke von weniger als 2,5 mm in Endexpirationsbedingungen und in allen orthogonalen Achsen voraus (29). Die angiographische MR-Technik ist für diese Studie zusätzlich zur Standarduntersuchung durchgeführt worden, um die Parameter Vaskularisation und Enhancement von kleinen Strukturen (solide Anteile, Septen und Zystenwände) besser beurteilbar zu machen.

In der vorliegenden Studie wurden 56 bis 64 aufeinanderfolgende Schichten mit einer Einzeldicke von 1,7 mm aufgenommen. Leider konnte in mehreren Fällen die Läsion nicht vollständig erfasst werden, insbesondere bei ventral gelegene Prozesse. Ein weiteres Problem war das Auffinden der Läsion bei alleiniger Verwendung dieser dünnen Schichten, da eine Orientierung auf diesen Ausschnitten sich als nicht einfach herausgestellt hat, da die Schichten entsprechend den Gefäßverläufen gering gewünscht waren und die Gesamtdicke des Blockes auf ca. 11 cm begrenzt war. Es ist also weiterhin notwendig, sich vor der Beurteilung der Kriterien an den dünnen Schichten eine Orientierung an den konventionellen Schichten zu

verschaffen, um einen Eindruck über die Größe, die Abgrenzung und die Lage des Prozesses zu erhalten.

Durch die verwendete Body-phased-array-Spule konnte ein gutes Signal-zu-Rausch-Verhältnis erzielt werden. Ein Nachteil dieser Spule ist die Einschränkung des Meßfeldes auf eine Region, in dieser Studie auf das Becken. Auch das zieht die Gefahr der unvollständigen Abbildung des Prozesses und die damit verbundene eingeschränkte Beurteilbarkeit der Ausbreitung nach sich. Dieses Problem könnte nur durch die Verwendung mehrerer Spulen bzw. durch Umsetzung der Spule gelöst werden, was einen Anstieg der Untersuchungszeit zur Folge hätte, aber bei einem nur angeschnittenen Prozeß oder beim Verdacht einer Metastasierung auf jeden Fall notwendig ist.

Die Frage des zu verwendenden Kontrastmittels für die MRA ist noch Gegenstand laufender Studien. Das von uns verwendete Gd-DTPA hat sich in der Menge von 0,2 mmol/kg Körpergewicht als vorteilhaft erwiesen, da ein gutes Signal erzielt werden konnte. Es traten bei keiner Patientin Symptome einer Unverträglichkeit auf. Dieser Befund stimmt mit früheren Veröffentlichungen überein, die eine Häufigkeit von Nebenwirkungen von nur 1% bzw. 2,6% bei bekannten Allergien angeben (33, 43).

Zur Darstellung der Gefäße in der arteriellen und venösen Phase wurde das Nativbild von den MRA-Rohdaten der beiden Phasen subtrahiert und eine Projektion der maximalen Intensität (MIP) erstellt. Das Projektionsangiogramm erlaubte eine dreidimensionale Darstellung durch Drehung um eine zentrale Achse. Die von uns erwarteten Gefäßproliferationen an malignen Tumoren konnten jedoch nicht gesehen werden. Ein Grund dafür ist die Tatsache, daß kleine bewegte Gefäße nur verschwommen zur Darstellung kommen, was als „blurring“ bekannt ist (29). Hingegen konnte durch die Verwendung schneller Sequenzen mit Buscopan bzw. Glucagon der Einfluß, der durch die Darmperistaltik verursachten Artefakte, weitgehend unterdrückt werden.

Mit dem MIP-Algorithmus können Gefäße, deren Signalintensität mehr als 2 sec über der durchschnittlichen Hintergrundintensität liegt, gut dargestellt werden. Probleme ergeben sich bei einer Intensität von weniger als 0,5 sec, da Pixel mit einer solchen Intensität nicht projiziert werden. Deshalb ist es notwendig, auch die Einzelschichten zu betrachten (29).

Eine Weiterentwicklung des MIP-Algorithmus ist die TRAP-Methode (Traced array processing). Dabei können auch signalschwächere Gefäßanteile und kleinere Gefäße zur Darstellung gebracht werden. Dazu wird durch einen frei wählbaren Schwellenwert das Signal homogenisiert, das heißt, daß alle Pixel oberhalb des Wertes auf ein Niveau gebracht werden. Das Ergebnis ist wie bei der MIP-Darstellung ein Summationsbild (29). Möglicherweise könnten mit der Anwendung dieser Technik auch signalschwächere Pixel und so die viszerale Beckengefäße besser dargestellt werden.

Ein weiteres Problem resultierte daraus, daß eine Absättigung der fließenden Spins bei sehr langsamen Flußgeschwindigkeiten oder einer langen Verweildauer (wie dies bei kleinen Beckengefäßen der Fall ist) erst in der Akquisitionsschicht erfolgt. Das hat eine Signalabschwächung und einen verminderten Kontrast zur Folge (29). Deswegen wären Spätaufnahmen vorteilhaft, die aber durch den Übertritt des Gadolinium-DTPA in den Extravasalraum und der damit verbundenen Überlagerung von Gefäß- und Weichteilstrukturen nicht realisierbar sind. Dieses Problem könnte in Zukunft durch Anwendung von Kontrastmitteln, die nicht in den Extravasalraum übertreten, gelöst werden.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß mit dem MIP-Algorithmus keine Unterscheidung in der Gefäßstruktur benigner und maligner Prozesse vorgenommen werden konnte, da zuverlässig nur die Darstellung der Gefäße bis zur Größe der A. uterina gelang. Deshalb konnten abweichend von der ursprünglichen Planung die Gefäße nicht ausgewertet werden.

1991 überprüften Stevens et al. in einer Studie an 33 Patientinnen mit 60 Läsionen die zusätzliche Aussagekraft der Gadolinium-verstärkten MRT gegenüber der herkömmlichen MRT. Dabei kamen noch T1-gewichtete Sequenzen mit langer Meßdauer und geringer Auflösung zur Anwendung. Sie stellten fünf primäre und vier zusätzliche Malignitätskriterien für die MRT-Auswertung auf. Eine Läsion wurde als maligne eingeschätzt, wenn die Größe mehr maß als 40 mm im längsten Durchmesser und a) die Läsion nur aus flüssigen Anteilen bestand, aber die Wand dicker war als 3 mm und / oder solide Anteile enthalten waren oder b) die Läsion überwiegend oder komplett solide war, mit oder ohne Nekrosen bzw. Einblutungen; oder c) wenn folgende Kriterien erfüllt waren: andere Organe waren infiltriert, die Beckenwand war erreicht, oder es bestanden peritoneale, mesenteriale bzw. Netz-

Anteile, ein Aszites oder eine Lymphadenopathie. Es wurden 95% der Läsionen (34 von 36 benignen und 23 von 24 malignen) erkannt. Die Charakterisierung der Läsionen war in 84% der Fälle korrekt unter Verwendung der fünf primären Kriterien und in 95% der Fälle wenn die vier zusätzlichen Kriterien mit herangezogen wurden. Mit der Gadolinium-anreichernden MRT und unter Verwendung der fünf primären Kriterien konnte die Aussagekraft von 56% auf 78% angehoben werden, unter Hinzunahme der vier zusätzlichen Kriterien von 83% auf 100% (43).

Gegenstand früherer und laufender Untersuchungen ist immer noch die Frage der Verlässlichkeit der auch von Stevens et al. verwendeten Kriterien, sowie deren Erkennen mit den verschiedenen Techniken und Parametern. Besonders der MRT wird dabei aufgrund des hohen Weichteilkontrastes und der multiplanaren Darstellungsweise eine hohe Treffsicherheit zugebilligt. Nach Reuter et al. werden allerdings maligne Befund-konstellationen wegen der geringen Spezifität der Dignitätskriterien mit einem 20%igen falsch positiven Anteil gefunden (44). Das Vorhandensein von Vegetationen in einer sonst zystischen Läsion, sowie das Vorhandensein von Nekrosen in einer soliden Läsion gilt als am prädiktivsten für maligne Veränderungen (45). In einer Studie, die sich mit der Dignitätsbeurteilung ovarieller Läsionen in der Sonographie beschäftigte, wurde ebenfalls den soliden Anteilen in einer Zyste die größte Aussagekraft für Malignität bescheinigt (11).

Die dieser Arbeit zu Grunde liegende Studie wurde mit der angiographischen MR-Technik durchgeführt, die bei Einzelschichtdicken von etwa 1,7 mm eine eingehende Betrachtung und Beurteilung dieser Kriterien ermöglichte. Die Läsionen konnten genau auf Vegetationen untersucht und die Wände und Septen ausgemessen werden. Nur die Beurteilung der Größe und Abgrenzung eines Tumors konnte durch die alleinige Anwendung der dünnen Schichten nicht vorgenommen werden.

Die Treffsicherheit anhand der Malignitätskriterien betrug unter Verwendung aller Kriterien 86%, die Sensitivität 91% und die Spezifität 84%. Das die Treffsicherheit und Spezifität durch das Heranziehen aller Kriterien schlechter ausfiel als die Gesamtbeurteilung (Treffsicherheit 92%, Sensitivität 77%, Spezifität 96%) hat zwei Gründe. Der erste Grund liegt darin, daß bei fünf benignen Tumoren die Ausmessung der dünnen Schichten eine Wanddicke von 4 mm zeigte und diese deshalb als falsch maligne gewertet werden mußten. Der zweite Grund ist, daß bei der Gesamtbeurteilung die beiden Fibrome und zwei Dermoide mit soliden Anteilen

nicht als maligne gewertet wurden, da sie die Kriterien für die Fibrome bzw. Dermoide erfüllten, bei der Beurteilung der Kriterien insgesamt jedoch als falsch maligne gezählt werden mußten. Aus diesen Gründen ist aber auch die Sensitivität besser als die der Gesamtbeurteilung, denn die Wand- und Septendicke zeigte sich besonders bei den Borderline-Tumoren in den dünnen Schichten dicker als mit der herkömmlichen Technik zunächst vermutet.

## *4.2 Beurteilung der Kriterien*

### *4.2.1 Die Größe der Raumforderungen in Hinblick auf die Dignität*

Der kleinste gemessene Durchmesser der in der MRT erkannten Läsionen betrug 15 mm und der größte 180 mm (Mittel: 78 mm). Die Größe der Läsionen der nichtoperierten Patientinnen reichte von 15 bis 55 mm und liegt damit im Mittel (33 mm) unter den 40 mm, die als obere Grenze für gutartige Veränderungen angesetzt wird. Sie beträgt nur fast 50% der mittleren Größe der operierten benignen Fälle. Die Größe der benignen Tumoren operierter Patientinnen in der MRT reichte von 25 bis 145 mm (Mittel: 70 mm) und ist damit doch erheblich kleiner (rund 60%) als die Größe der malignen Tumoren mit einer Reichweite von 70 bis 230 mm (Mittel: 117 mm).

Scheint in unserer Studie der hohe Anteil größerer benigner Tumoren (immerhin 86% der operierten Fälle) und die breite Spannweite der Größe dieser Läsionen von 25 bis 145 mm (Mittel: 70 mm) auf dem ersten Blick gegen ein solches Kriterium für Malignität zu sprechen, so liegt doch die Größe der malignen Tumoren mit im Mittel 117 mm und einer Spannweite von 70 bis 230 mm weit darüber. Angenommen, die Grenze läge nicht bei 40 mm, sondern beispielsweise bei 70 mm, so würden noch alle bis auf einen malignen Tumor (93%) über diesem Maß liegen und von den benignen Tumoren nur noch neun von 28 Tumoren (32%). Es besteht also ein Zusammenhang der Größe eines Tumors und der Dignität. Im Widerspruch zu unseren Daten steht die Aussage von Hricak et al., die die Annehmbarkeit dieses Kriteriums grundsätzlich ablehnt und darauf verweist, daß frühere Erfahrungen in dieser Hinsicht auf ein vor allem aus benignen Fällen bestehendem Patientengut basieren (45).

Es kann angenommen werden, daß ein zunächst benigner kleinerer Prozeß mit seinem Wachstum entartet und dann im kontralateralen Ovar ebenfalls ein Tumor auftritt, wie sich in mehreren Fällen unseres Patientenkollektivs zeigte. Allerdings gibt es, wie in der Einleitung ausgeführt, auch benigne Tumoren, die typischerweise bilateral auftreten und eine erhebliche Größe erreichen können. Die in unserem Patientengut größeren Tumoren betrafen vor allem die Zystadenome und die Zystadenofibrome. Bei einem bilateralen gutartigen Tumor ist die Wahrscheinlichkeit, daß es sich um einen epithelialen Tumor handelt, hoch. Wie später ausgeführt wird, zeigen diese Tumoren in einigen Fällen Vegetationen.

Um eine möglichst gute Überlebensrate mit einer Operation im frühen Stadium zu erreichen, ist es notwendig, die Tumoren so früh wie möglich zu entdecken. Probleme bereitet dabei nach wie vor das Erkennen von Tumoren unter 20 mm Größe (45). Auch mit der in dieser Studie verwendeten Technik konnten bei einem beidseitigen Prozeß Tumoren unter 20 mm nicht gesehen werden. Es muß also weiterhin davon ausgegangen werden, daß sich ein kleiner kontralateraler Tumor erst bei der Operation zeigt.

#### *4.2.2 Primäre Kriterien*

Komatsu et al. verglichen in einer Studie die in der MRT identifizierten soliden Anteile mit dem histologischen Befund und fanden eine Treffsicherheit für das Erkennen von soliden Tumoren für die MRT von 99%, eine Sensitivität von 100% und einer Spezifität von 98%. Die Treffsicherheit der Ultraschalluntersuchung lag bei 68%, die Sensitivität bei 97% und die Spezifität bei 46%. Die Spezifität ( $P < 0,01$ ) sowie die Treffsicherheit ( $P < 0,01$ ) der MRT waren signifikant höher (46). Damit ist die MRT sehr gut für die Detektion solider Anteile geeignet. Bereits seit 1988 wird u.a. mit diesem Kriterium gearbeitet (30, 31). Weitere Studien, die den Wert der primären Kriterien ermittelten, folgten (47, 48).

In unseren Daten fand sich für das Kriterium „solide Anteile“ als Malignitätszeichen die höchste Treffsicherheit mit 86%, die höchste Spezifität mit 91% und die höchste Sensitivität mit 75% aller einzelnen Kriterien. Können Dermoide eindeutig identifiziert und aus den Berechnungen ausgeschlossen werden, steigt die Spezifität auf einen Wert von 100%. Unter den sechs malignen Tumoren, welche keine soliden Anteile



zeigten, waren die vier Borderline-Tumoren. Berechnet man die Sensitivität für die malignen Tumoren und läßt die Borderline-Tumoren unberücksichtigt, so steigt die Sensitivität auf einen Wert von 88%. Mit der verbesserten Diagnostik der Dermoide und der Borderline-Tumoren durch die Erkennung intratumoraler Strukturen durch Techniken mit einer noch höheren örtlichen Auflösung könnte die Treffsicherheit dieses Kriteriums noch gesteigert werden. Bisher gibt es aber keine Möglichkeit, Borderline-Tumoren in der MRT zu diagnostizieren. Allerdings zeigten in dieser Arbeit drei der vier Borderline-Tumoren eine Wanddicke von 4 mm, womit zwei der vier Borderline-Tumoren retrospektiv, also durch die Betrachtung der dünnen Einzelschichten, in die Gruppe der malignen Tumoren einzuordnen gewesen und somit alle Borderline-Tumoren richtig maligne gewertet worden wären.

Entgegen dem üblichen Vorgehen (zunächst Dignitätseinschätzung, dann Artdiagnose) sollten die Dermoide mit den bekannten Kriterien (32) zunächst ausgeschlossen werden, bevor eine Dignitätseinschätzung der Tumoren mit Hilfe des Kriteriums solide Anteile erfolgt.

Das Kriterium „Wanddicke“ zeigt eine hohe Zahl falsch negativer Werte (33%), daß heißt, es gibt viele maligne zystische Raumforderungen mit einer Wanddicke unter 3 mm. Hingegen gibt es wenige benigne Tumoren, die eine Wand dicker als 3 mm hatten, also falsch positiv waren (17%). Das äußert sich in der schlechten Sensitivität von 67% und der relativ guten Spezifität von 83%. Die Borderline-Tumoren zeigten unter Verwendung der dünnen Schichten eine Wanddicke von 4 mm und wären im nachhinein den malignen Tumoren zuzuordnen gewesen. Bei zwei benignen Tumoren mit einer Wanddicke über 4 mm handelte es sich um Zystadenome. In den drei Fällen, in denen ein benigner Tumor für einen malignen gehalten wurde, war die Wanddicke das ausschlaggebende Kriterium für die Fehldiagnose. Der Tuboovarialabszeß zeigte dabei eine Wanddicke von 6 mm sowie eine starke Kontrastierung. Eine Unterscheidung von einem Malignom wird anhand des MRT-Bildes auch in Zukunft nicht immer möglich sein. Wichtig zur Diagnosestellung ist hierbei vor allem das klinische Bild.

Die Septendicke der zystischen Veränderungen zeigt ebenfalls eine hohe Zahl falsch negativer Werte (56%) bei einer geringen Zahl falsch positiver Werte (15%). Deshalb konnte mit diesem Kriterium nur eine Sensitivität von 56% und eine Spezifität von 86% erreicht werden. Die Anzahl der Septen maligner Tumoren unterschied sich

nicht maßgeblich von der Anzahl der Septen benigner Tumoren, weshalb auch nicht die Zahl der Septen sondern die Dicke zu Grunde gelegt und bei der Berechnung nur von den septierten Tumoren ausgegangen wurde. Bei den septierten benignen Tumoren handelte es sich vor allem um Zystadenome und Zystadenofibrome. Zwei richtig positive Fälle betrafen Borderline-Tumoren.

Die Treffsicherheit reichte mit 78% für die Wanddicke und 69% für die Septendicke nicht an den Wert für die soliden Anteile heran. Es ist darauf hinzuweisen, daß die angegebene Grenze von 3 mm von benignen Zysten leicht erreicht wird und, daß es viele maligne Tumoren mit einer Wanddicke von gerade 4 mm gibt. Besonders die Borderline-Tumoren zeigten unter Verwendung der dünnen Schichten dickere Wände (4 mm), als prospektiv zunächst vermutet. Vegetationen kamen hingegen nur in wenigen Fällen erst unter Verwendung der dünnen Schichten zur Geltung.

Die Präsenz von Vegetationen in einer Zyste sowie von Nekrosen in einem soliden Tumor erhöht die Wahrscheinlichkeit, daß es sich um einen malignen Prozeß handelt signifikant. Obwohl die Kriterien Größe über 40 mm und Dicke der Wand und Septen größer als 3 mm in ihrer Kombination auch eine signifikante Treffsicherheit in der Erkennung maligner Prozesse haben, so lag diese nach unseren Erkenntnissen und früheren Angaben zur Folge nicht höher als die des Vorhandenseins von Vegetationen und Nekrosen (45).

Entgegen den Ergebnissen unserer Studie fanden Scoutt et al. in ihrer Arbeit an 103 Patienten heraus, daß wandständige Noduli und solide Anteile keine für Malignität spezifischen Befunde sind (49). Wie in unserer Studie die Wand- und Septendicke in drei Fällen zur Fehldiagnose führte, so haben Yamashita et al. in ihrer Studie vier Zystadenome mit irregulären Wandkonturen oder dicken Septen fälschlich als Karzinome gewertet (50). Stevens et al. hielten je einen Abszeß, ein muzinöses Zystadenofibrom, eine Hydrosalpinx sowie ein hämorrhagisches Corpus-luteum mit Wänden bzw. Septen über 3 mm Stärke oder nodulären Elementen für maligne Befunde (43). Ghossain et al. konnten zwischen den kleinen benignen endozystischen Vegetationen bei einem Zystadenom und Vegetationen bei Borderline-Tumoren bzw. Karzinomen keine charakteristischen Unterschiede herausarbeiten (40).

Es wird also ersichtlich, daß besonders die Zystadenome mit ihren teilweise verdickten Septen und den unspezifischen Kriterien noch zu falsch positiven Werten führen. Mit der Möglichkeit des Erkennens benigner Zystadenome in der MRT würde

der Anteil der falsch positiven Befunde sinken und die Spezifität der Kriterien Wand- und Septendicke steigen.

#### *4.2.3 Sekundäre Kriterien*

Nach den Erkenntnissen unserer Studie und nach früheren Angaben findet sich nicht nur bei Frauen mit malignen gynäkologischen Erkrankungen intraperitoneale Flüssigkeit, sondern auch bei gesunden Frauen. Bei 12 - 30% gesunder Frauen zeigte sich in früheren Studien im Ultraschall freie Flüssigkeit in Abhängigkeit vom Menstruationszyklus. Obwohl sie sowohl bei prä- und postmenopausalen Frauen mit benignen Erkrankungen auftritt, wird sie häufiger bei prämenopausalen Frauen gefunden. Frühere Studien haben die Nachweisgrenze für die Ultraschalluntersuchung bei 100 ml angesetzt, aber mit der transvaginalen Sonographie konnte die Sensitivität erhöht werden (51).

In unserem Patientengut zeigte sich intraperitoneale Flüssigkeit sowohl sonographisch als auch in der MRT bei jüngeren und älteren Frauen sowie bei benignen (fünf) und malignen Erkrankungen (neun). Von einem Aszites kann aber lediglich bei acht Patientinnen mit einem malignen Tumor gesprochen werden. So ergibt sich, geht man nur von den acht Fällen eines Aszites aus, eine Treffsicherheit von 86%, eine Spezifität von 100% und eine Sensitivität von 53%. Dabei beziehen sich die Werte auf die 51 untersuchten Frauen.

Aszites spricht für eine maligne Erkrankung im Stadium III (41, 43, 50). Das Vorhandensein von Aszites bei Patientinnen mit gynäkologischen Malignomen hat Einfluß auf das Staging und ist ein unabhängiger prognostischer Faktor bei Patientinnen mit Ovarialkarzinomen (51).

Intravenöse Kontrastmittel können beim Nachweis intraperitonealer Flüssigkeit helfen. Erst der Nachweis peritonealer Flüssigkeit von über 100 mm im maximalen Durchmesser ist prädiktiv für eine maligne peritoneale Erkrankung (PVW: 75%). Kleine bis mäßige Mengen von Flüssigkeit haben keine Aussagekraft für maligne Tumoren und sehr große Mengen haben nur einen moderaten positiven Vorhersagewert für die Präsenz maligner Neoplasien oder maligner peritonealer Erkrankungen (51).

Wie der Aszites ist auch die Lymphknotenvergrößerung als sekundäres Kriterium maligner Ovarialtumoren beschrieben und untersucht worden (43). Die Magnetresonanztomographie kann trotz ihres hohen Weichteilkontrastes nicht zwischen einer benignen und einer malignen Lymphknotenvergrößerung differenzieren. Der Grund dafür liegt in der Ähnlichkeit des Lymphknoten- und Tumorgewebes im Hinblick auf die T1- und T2-Relaxationszeiten sowie auf die Protonendichte (52). Das einzige Kriterium zur Diagnostik von Lymphknotenmetastasen ist die Größe. Dabei wird der Grenzwert bei 10 mm Querdurchmesser angesetzt. Allerdings sind mit konventionellen Untersuchungstechniken Lymphknoten erst ab einer Größe von 10 - 15 mm abgrenzbar. Erst optimierte Untersuchungstechniken, wie die Verwendung einer Phased-array-Körperspule, einer 512 Matrix und einer 3D-Akquisition, wie in unserer Studie verwendet, erlauben eine Lymphknotenerkennung ab ca. 3 - 5 mm (normalgroße pelvine Lymphknoten) (29). Vergrößerte Lymphknoten traten in unserem Patientenkollektiv nur bei einer Frau mit einem malignen Tumor auf. Grenzwertig vergrößerte Lymphknoten fanden sich bei drei Frauen, zwei Frauen mit einem benignen Prozeß und eine Frau mit einem Malignom. Die Lymphknotenvergrößerung ist ein seltenes und spätes Zeichen des Ovarialkarzinoms. Da in dieser Studie nicht mit einer oralen Kontrastierung gearbeitet wurde, diese aber besonders bei schlanken bis kachektischen Personen durch die bessere Abgrenzung der Lymphknoten von Darmschlingen hilfreich ist, wäre damit eventuell eine bessere Aussage zu grenzwertig vergrößerten Lymphknoten möglich gewesen.

Intravenöse Gadolinium-haltige Kontrastmittel mit Verteilung im Extrazellulärraum, zu denen auch Magnevist gehört, können Nekrosen in metastatischen Lymphknoten verdeutlichen (29). Diese Indikatoren für ein fortgeschrittenes Tumorwachstum konnten jedoch in keinem Fall dieser Studie gesehen werden.

Neue Ansätze und eine baldige Anwendbarkeit zur Diagnostik pelviner Lymphknoten verspricht der Einsatz sogenannter USPIO (ultrasmall superparamagnetic iron oxide particles). Dabei kommt es in intakten Lymphknoten aufgrund der Aufnahme sehr kleiner superparamagnetischen Eisenoxidpartikel in Makrophagen und durch die damit verbundene T2-Relaxationszeitverkürzung zu einem Signalverlust. Dagegen bleibt in metastatisch durchsetzten Lymphknoten eine Aufnahme aus, und es findet kein Signalverlust statt (29).

Bei den in unserer Studie untersuchten Patientinnen traten nur in einem Fall peritoneale Metastasen und in einem anderen Fall eine Peritonealkarzinose auf. Die peritonealen Metastasen stellten sich trotz Verwendung des Kontrastmittels nicht dar. Eine Ursache könnte neben der geringen Größe die späte Aufnahme von Kontrastmittel durch die Metastasen sein. So schreibt auch Forstner et al. über die Schwierigkeit kleinere peritoneale Implantate in der MRT sowie in der CT zu erkennen, da die sehr geringe Sensitivität erst den Nachweis von Läsionen über 20 mm Größe erlaubt (41). Die Doppelkontrast-MRT ermöglicht die Detektion peritonealer Tumoren unter 10 mm Größe (53). Negative orale Kontrastmittel, wie z.B. Perflubron, helfen dabei bei der Abgrenzung von Darmschlingen gegenüber anderen Strukturen, wie peritonealen Metastasen (44, 54). Nach unseren Erkenntnissen und früheren Erfahrungen zu Folge (41, 54) ist die kontrastmittelverstärkte MRT ohne orale Kontrastierung, wie auch die CT, nur begrenzt zur Detektion peritonealer Tumoren bzw. Metastasen einsetzbar. Frühere Studien haben außerdem gezeigt, daß ein peritoneales Enhancement bei Patientinnen mit metastasierenden Ovarialkarzinomen häufig ist (41, 43, 50). Es ist aber nicht spezifisch, da Patientinnen mit einem Tuboovarialabszeß oder einer Endometriose auch ein peritoneales Enhancement aufweisen können (51) und so fand sich in einer Studie von Outwater et al. eine Sensitivität von 92%, eine Spezifität von 86% und eine Treffsicherheit von 87% (51).

Infiltrationen in angrenzende Organe bzw. Adhäsionen des Tumors wurden in dieser Studie in mehreren Fällen in der MRT gesehen. Die intraoperativen Befunde stellten sich jedoch anders dar. Ohne Anwendung eines oralen Kontrastmittels hat sich auch die Abgrenzung der Organe in der MRT als nicht sicher möglich erwiesen. Es sollte bei dem Verdacht auf einen malignen Tumor zur Operationsvorbereitung nicht auf eine zusätzliche orale Kontrastierung verzichtet werden.

Die Kontrastierung der Raumforderungen zeigte sich sehr unterschiedlich. So kam es bei einem Großteil der malignen Tumoren bereits in der arteriellen Phase zu einer Kontrastierung, während die benignen Tumoren und Zysten, wenn überhaupt, erst in der venösen Phase eine Signalsteigerung zeigten. Weiterhin besteht auch innerhalb der benignen Tumoren eine Varianz. So ist die Kontrastmittelaufnahme der Dermoide und Fibrome niedrig bis mäßig. Konnte besonders in der arteriellen Phase ein Unterschied in der Aufnahme benignen und malignen Tumoren festgestellt

werden, so lieferte erst die venöse Phase Informationen über den Aufbau des Tumors. Intrazystische Strukturen, sowie Wände und Septen konnten besser dargestellt und beurteilt werden. Im Zuge des Übertritts des Kontrastmittels kam es jedoch zu Überlagerungen, die eine Beurteilung späterer Aufnahmen schwierig machte. Es sind daher zeitige Aufnahmen in der arteriellen Phase zur Dignitätseinschätzung und spätere Aufnahmen in der venösen Phase zur Beurteilung der Strukturen zu empfehlen.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß mit großer Sicherheit ein maligner Tumor vorliegt, wenn solide Anteile gesehen werden und ein Fibrom oder ein Dermoid ausgeschlossen werden kann. Bei einem zystischen Tumor mit Wänden von 4 mm Dicke und mehr muß auch an einen epithelialen benignen Tumor gedacht werden. Die Anzahl der Septen gibt keinen sicheren Hinweis auf die Dignität und die Dicke der Septen ist ein unsicherer Parameter als die Dicke der Wände. Sekundäre Kriterien treten erst in sehr fortgeschrittenen Stadien auf. Sie haben deshalb nur eine begrenzte Aussagekraft. Eine Beschreibung sollte dennoch für die Operationsvorbereitung und die Stadieneinteilung vorgenommen werden.

#### *4.3 Artdiagnose*

In unserer Studie hat sich gezeigt, daß außer bei Fibromen, Dermoiden und bei Endometriosezysten prospektiv keine Artdiagnose möglich ist. Dem entspricht die Aussage von Reuter et al., mit dem Hinweis, daß im Falle fehlender typischer artdiagnostischer Charaktere eindeutig benigne zystische Adnexprozesse rein deskriptiv als einfache bzw. hämorrhagische Zysten oder im Falle einer Kammerung mit Septierung als komplexe Zysten beschrieben werden sollten (44).

Peritoneale Inklusionszysten (sogenannte Pseudozysten) müssen sowohl von Paraovarialzysten als auch von einer Hydrosalpinx abgegrenzt werden. Kim et al. beurteilten in ihrer Studie diese Differentialdiagnosen in der Sonographie. Nur 12 von 15 Ovarien konnten eingeschätzt werden (55). Neun der 12 Ovarien hatten Kontakt zu der Zyste. Zehn der Ovarien zeigten sich normal. In unserem Patientenkollektiv traten eine Paraovarialzyste, zwei Paratubarzysten und eine Hydrosalpinx auf. Obwohl die Ovarien außerhalb der Paraovarialzysten liegen, konnten sie nicht sicher als nicht vom Ovar ausgehend beschrieben werden. Die Hydrosalpinx stellte sich gut

als solche dar. Viele Studien beschäftigten sich bisher mit der Charakterisierung benigner Tumoren (43, 46, 49, 50, 56). Die meisten Studien beziehen sich jedoch nur auf eine Art Tumor bzw. Zyste oder sind zum Teil retrospektiv angelegt. Deshalb konnte eine genauere Beschreibung und bei größerer Zahl einer einzelnen Art eine allgemeingültigere Aussage vorgenommen werden.

In unserer Studie wurde prospektiv eine Beurteilung aller im und am Ovar auftretenden Raumforderungen vorgenommen. Das bedingt eine niedrigere Zahl einzelner Arten, jedoch wird so dem normalen klinischen Ablauf Folge geleistet, alle Differentialdiagnosen ohne Kenntnis von Vorbefunden bedenken zu müssen.

#### *4.3.1 Epitheliale Tumoren*

In unserer Studie traten sieben benigne epitheliale Tumoren auf. Eine Artdiagnose war prospektiv in keinem Fall sicher möglich. Kriterien, wie sie für die Dermoide und Endometriosezysten bekannt sind, wurden bisher nicht beschrieben. Es hat sich in unserer Studie gezeigt, daß es sich bei den meisten septierten, benignen Tumoren um ein Zystadenom bzw. Zystadenofibrom handelt. Lediglich ein Zystadenom war nicht septiert. Die Zystadenome und Zystadenofibrome traten, wenn auch selten, mit grenzwertig verdickten Wänden und Septen auf. Vegetationen wurden weder prospektiv noch retrospektiv gesehen.

Über die spezifische Darstellung epithelialer Ovarialtumoren in der MRT gibt es noch nicht viele Studien. Vegetationen (Papillary Projections) sind charakteristisch für einige epitheliale Tumoren. Diese entstehen aus dem Oberflächenepithel und liegen auf der Innenseite der Zystenwand. Nekrosen, Einblutungen und Blutgerinnsel müssen von ihnen unterschieden werden (34).

Ghossain et al. verglichen in einer retrospektiven Studie die Aussagekraft der CT und der MRT über den Anteil korrekter Diagnosen von benignen serösen Zystadenomen, benignen muzinösen Zystadenomen, Borderline-Tumoren und von Ovarialkarzinomen. Eine Unterscheidung benigner und maligner Vegetationen sowie von Borderline-Tumoren gelang mittels CT nicht. Papilläre Strukturen konnten in der MRT in 13% der benignen, 67% der Borderline- und 38% der malignen Tumoren gefunden werden. Seröse Zystadenome wurden in 10 von 13 Fällen, muzinöse Zystadenome in neun von zehn Fällen und Borderline-Tumoren bzw. maligne

Tumoren in 23 von 27 Fällen mit der MRT richtig erkannt. Die Treffsicherheit der Dignitätsbestimmung durch die CT lag mit 92% höher als die der MRT mit 86%. Für die Sensitivität konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden ( $P = 1$ ), ebenso nicht für die Spezifität ( $P = 0,5$ ) (40).

#### 4.3.2 Endometriosezysten und Dermoide

Der sichere Nachweis von Endometriosezysten und deren Differenzierung von eingebluteten Ovarialzysten sowie Teratomen erfordert das Heranziehen aller für diese Tumoren beschriebenen Kriterien. So ist für Teratome nicht nur der Fettgehalt und das Fett-Flüssigkeitsschichtzeichen charakteristisch, sondern auch der Chemical-Shift-Artefakt und die Rokitansky-Protuberanz. Der Chemical-Shift bietet die Möglichkeit, das Fett der Dermoide von soliden Anteilen zu unterscheiden (35, 57, 58). Fetthaltige Läsionen haben in T1-gewichteten Bildern aufgrund der kurzen Relaxationszeit von Fett eine hohe Signalintensität (57). Hämorrhagische Läsionen können die gleiche Signalintensität wie fetthaltige Läsionen in T1- und T2-gewichteten Bildern aufweisen, wenn die Läsion Methämoglobin enthält, welches eine kurze Relaxationszeit für T1 und T2 bedingt (59).

In der dieser Arbeit zugrunde liegenden Studie konnten drei der fünf Dermoide richtig erkannt und von den eingebluteten Zysten unterschieden werden. Zwei Dermoide stellten sich trotz Verwendung fettgesättigter Sequenzen und der bekannten Kriterien nicht eindeutig dar. Dabei handelte es sich allerdings in einem Fall um die Struma ovarii. Sie stellte sich in unserer Studie multizystisch mit einer soliden Komponente dar. Die Zysten wiesen dabei unterschiedliche Signalintensitäten auf. Da sie selten auftritt, gibt es noch nicht viele Arbeiten über ihr Erscheinungsbild in der MRT. In einer Arbeit von Matsumoto et al. zeigte sie sich als komplexe Masse mit soliden und multiplen zystischen Elementen. In der T1-gewichteten Darstellung wies der Hauptteil der Läsion eine höhere Signalintensität als das Muskelgewebe auf. Sie war bis auf die irreguläre dorsale Wand gut begrenzt. In diesem Bereich stellten sich Teile mit einer niedrigeren Signalintensität dar. Septen waren in der MRT nicht eindeutig differenzierbar. In der T2-gewichteten Darstellung zeigte sich der Hauptteil der Läsion mit einer höheren Signalintensität als das subkutane Fettgewebe, nur die dorsale Seite wies eine niedrigere



Signalintensität auf (60). Die Tatsache, daß sich die Struma ovarii so inhomogen zeigt, macht ihre Dignitätsbeurteilung schwierig. Das seltene Vorkommen in der Population erhöht noch dazu die Wahrscheinlichkeit einer Fehldiagnose. Es sollte also bei einem zystischen Tumor mit soliden Komponenten auch an eine Struma ovarii gedacht werden. Das zweite Dermoid, welches nicht erkannt werden konnte, stellte sich im Gegensatz zu den anderen Dermoiden septiert und ohne solide Anteile dar.

In unserer Studie zeigten sich alle Endometriosezysten als eingeblutete benigne Zysten. Kleine Einblutungen (sechs Zysten) konnten nicht erkannt werden. Eine ältere eingeblutete benigne Zyste imponierte in der MRT als Malignom. Ausschlaggebend waren die grenzwertig verdickten Septen und die starke Kontrastierung.

Übereinstimmend mit Stevens et al. ist zu sagen, daß mit der protonenselektiven fettgesättigten MR-Bildgebung Dermoiden und eingeblutete Zysten besser differenziert werden können als mit konventionellen T1- und T2-gewichteten Sequenzen (58). Auch wassersupprimierende Sequenzen eignen sich zur Differenzierung von Blutprodukten und Fettanteilen (35). Bei typischen Endometriosezysten und Teratomen ergibt sich nach unseren Erkenntnissen und nach Angabe von Reuter et al. durch die Anwendung intravenöser Kontrastmittel kein Informationsgewinn (44). In seltenen Fällen von Endometriosezysten zeigt sich ein charakteristischer hypointenser Rand in der T1- und T2-gewichteten Darstellung (62).

Viele Studien überprüften die MR-Bildgebung eingebluteter Zysten (36, 61) und von Endometriosezysten (59, 62, 63). Eine Arbeit von Sugimura et al. von 1992 beschäftigte sich mit der Darstellung der Endometriosezysten in der MRT in Abhängigkeit von der Relaxationszeit. Für ältere Endometriosezysten fanden sie eine kürzere Relaxationszeit als für jüngere Endometriosezysten. So können sie differenziert werden (64). Sugimura et al. konnten ebenfalls zeigen, daß durch die Anwendung fettsupprimierender Sequenzen die Diagnostik der Endometriosis verbessert werden kann (65). Togashi et al. überprüften das Erscheinungsbild der Endometriosezysten in der MRT und deren Aussagekraft. Als Endometriosezyste wurde eine Läsion gewertet, wenn sie hyperintens in der T1-gewichteten Schichtführung und hypointens in der T2-gewichteten Schichtführung war (shading)

oder, wenn in der T1-gewichteten Schichtführung multiple hyperintense Zysten zu sehen waren. Von 86 Endometriosezysten wurden 77 richtig erkannt (richtig positiv) und von 268 anderen Läsionen konnten 263 aus der Gruppe der Endometriosezysten ausgeschlossen werden (richtig negativ). Die Treffsicherheit erreichte so einen Wert von 96% bei einer Sensitivität von 90% und einer Spezifität von 98% (66).

#### 4.3.3 *Fibrome und Myome*

Die Differentialdiagnose eines Adnextumors mit Hypointensität in der T1- und T2-gewichteten Darstellung schließt Leiomyome vom Uterus ausgehend, sowie Fibrome und Thekome der Ovarien ein. Gewöhnlich haben größere Thekome eine höhere Signalintensität als Fibrome (67). In unserer Studie zeigte sich das Thekom ebenfalls mit höherer Signalintensität als die beiden Fibrome, die sich sowohl in der T1-gewichteten und in der T2-gewichteten Darstellung mit mittlerer Signalintensität darstellten. Neben den soliden Anteilen führte die Wanddicke des Thekoms von 4 mm zur Diagnose eines malignen Tumors. So schreibt auch Troiano et al. über die Schwierigkeit der Differenzierung einfacher Fibrothekome mit hoher Signalintensität von malignen Ovarialtumoren (37).

Fibrome stellen sich in der MRT sehr unterschiedlich dar. Auch in der Sonographie ist ihr Bild variabel (38). Sie erscheinen meist solide, wie maligne Tumoren (67). Außerdem sind sie oft mit Aszites und Abdominalschmerzen verbunden, weshalb sie auch klinisch wie bösartige Tumoren imponieren.

Zwei in der Literatur beschriebene Fibrome waren hypointens im Vergleich zum Muskelgewebe in der T1- und T2-gewichteten Darstellung. In einem Fall kam es deshalb zur Verwechslung mit einem Leiomyom (68). Besonders intraligamentäre Myome können leicht mit Fibromen verwechselt werden, da die soliden Fibrome ohne zystische Anteile eine Signalintensität wie Muskulatur aufweisen und gestielte Myome weit nach lateral reichen können. Intraligamentäre Leiomyome stellen sich als gut abgegrenzte Strukturen mit niedriger Signalintensität in T1- und T2-gewichteten Sequenzen dar (67). Die kontrastmittelverstärkte MRT ermöglicht eine Differenzierung der Fibrome und Myome. So wird in der Literatur die Kontrastierung der Fibrome als minimal beschrieben, die der Leiomyome als gut (67). Auch in

unserer Studie zeigte sich nur eine mäßige Kontrastierung der Fibrome. In einer Studie von Yamashita et al. wurden zwei Fibrome mit geringerer bzw. gleicher Signalintensität gegenüber dem Myometrium in der T1-gewichteten Darstellung und einer niedrigeren Signalintensität in der T2-gewichteten Darstellung beschrieben (50). Scoutt et al. schreibt über drei Fibrome, die sich hypointens in der T1- und T2-gewichteten Darstellung zeigten und über ein Fibrothekom, welches sich atypisch darstellte (49). Wie Fibrome erscheinen auch Zystadenofibrome wie maligne Tumoren in der MRT. Dies sind multilokuläre zystische Tumoren mit einer soliden Komponente. Die fibröse Komponente verursacht eine irreguläre Zystenwand, in manchen Fällen mit einer Dicke über 3 mm. Zystadenofibrome können, wenn auch selten, mit einer malignen epithelialen Komponente assoziiert sein (38). Die in unserer Studie auftretenden zwei Zystadenofibrome zeigten in der MRT keine soliden Anteile, aber eine Wanddicke von 4 mm.

Krukenberg-Tumoren müssen von Zystadenofibromen und Fibromen abgegrenzt werden. In früheren Arbeiten sind sie als Tumoren mit irregulären soliden Komponenten und Nekrosen beschrieben worden (69, 70). Die meisten Arbeiten über Krukenberg-Tumoren treffen die Aussage, daß eine Unterscheidung dieser Metastasen von primären Ovarialkarzinomen mit bildgebenden Verfahren nicht möglich ist. Metastasen eines Magenkarzinoms erscheinen solide und Metastasen anderer Tumoren wie deren Primärtumoren. In einer Studie von Kim et al. konnte kein Unterschied zwischen Metastase und Primärtumor festgestellt werden. Vielmehr stellte sich der Krukenberg-Tumor als solider Tumor mit gut abgegrenzten zystischen Anteilen, welche eine starke Kontrastierung zeigten, dar (70). Andere solide Ovarialtumoren, die noch in Frage kommen, sind der Brenner-Tumor und die Dysgerminome, die aber selten gesehen werden und deshalb noch nicht Gegenstand größerer MRT-Studien waren. Insgesamt ist zu sagen, daß bei einem gut begrenzten relativ homogenen Tumor mit niedriger bis mäßiger Signalintensität in den T1- und T2-gewichteten Aufnahmen und mäßiger Kontrastierung von einem Fibrom ausgegangen werden kann.

#### 4.4 Befundung

Immer wieder stellt sich die Frage danach, inwieweit die Befundung von den Erfahrungen des Untersuchers und von der Kenntnis anderer Befunde abhängt. So sollte die Auswertung (z.B. von MRT-Bildern) im Rahmen einer Studie nicht nur durch eine Person bzw. (z.B. der Palpation) zum Zweck der Reproduzierbarkeit nur durch dieselbe Person erfolgen. Auch die Kenntnis klinischer Daten beeinflusst die Interpretation. Einige wenige Studien beschäftigten sich dabei mit der Frage der Übereinstimmung der Aussagen der befundenden Radiologen. In einer Studie von Buist et al. wurde ein niedriger Wert dieser für die Beurteilung von MRT-Bildern zwischen zwei unabhängig arbeitenden Radiologen ermittelt (Kappa-Index: 0,41) (71). Hricak et al. fanden für die Bildbeurteilung eine gute bis exzellente Beurteilungsübereinstimmung zweier Beobachter für die native MRT mit einem Kappa-Index von 0,79 und für die kombinierte Anwendung aller Sequenzen mit einem Kappa-Index von 0,85. Auch bei der zweizeitigen Beurteilung der MRT-Bilder durch eine Person im Abstand von einem halben Jahr konnte eine exzellente Übereinstimmung der Beurteilung der Bilder mit einem Kappa-Index von 0,84 für die native MRT und einen Kappa-Index von 0,86 für die kombinierte Anwendung aller Sequenzen festgestellt werden (45). Diese Daten versprechen ein objektives Maß für die MRT. Für die CT wurde durch Furtz et al. ein Kappa-Index für die Beurteilung durch eine Person von 0,69 gefunden. Der Kappa-Index der verschiedenen Beurteilungsvarianten reichte von 0,64 für die sogenannte Checkliste, über den Wert von 0,67 für die alleinige Beurteilung durch eine Person, zu den Wert von 0,75 für die Beurteilung im Konsensverfahren durch zwei unabhängig arbeitende Gruppen von jeweils zwei Personen (72). Leider gibt es wenige Studien, die die Interpretationsunterschiede mit überprüfen und deshalb kann eine konkrete Aussage über die Objektivität noch nicht getroffen werden. In unserer Studie erfolgte die Befundung der MRT-Bilder im Konsensverfahren. Ein Maß für die Übereinstimmung unabhängiger Beobachter (Kappa-Index) konnte deshalb nicht ermittelt werden. In späteren Studien sollte nicht versäumt werden, auch die Beurteilung zu evaluieren, um weitere Aussagen treffen zu können.

#### 4.5 MRT im Vergleich zu anderen Methoden

Wie frühere Studien zeigten, erzielt die MRT bessere Werte in der Differenzierung benigner und maligner Adnextumoren als der transvaginale Ultraschall (9, 46). Sie ermöglicht eine Gewebetypisierung, die mit der CT und dem Ultraschall nicht durchführbar ist (49, 66). Für die native MRT, die kontrastmittelverstärkte CT und die Ultraschalluntersuchung liegen annähernd gleiche Werte vor (40, 50, 71, 73). Die kontrastmittelverstärkte MRT erreicht eine höhere Treffsicherheit als die native MRT und die Ultraschalluntersuchung (50). Auch die Spezifität ist für die kontrastmittelverstärkte MRT (43, 46, 50, 56) höher als die der nativen MRT (9, 40, 49, 71, 73). Der Grund liegt in der eindeutigeren Differenzierung intrazystischer solider Anteile durch das Kontrastmittel (46, 50), die das Erkennen dieser und enthaltener Nekrosen erleichtert. In einer Studie von Lorenzen et al. wurde die Treffsicherheit der MRT für das Ovarialkarzinom mit 73%, die Spezifität mit 60% und die Sensitivität mit 76% angegeben. Die CT erzielte einen Wert von 69% für die Treffsicherheit, von 62% für die Spezifität und von 73% für die Sensitivität (74). Forstner et al. fanden eine Treffsicherheit von 77%, einen positiven Vorhersagewert von 100% und einen negativen Vorhersagewert von 92% für die CT und eine Treffsicherheit von 78%, einen positiven Vorhersagewert von 91% und einen negativen Vorhersagewert von 97% für die MRT beim Staging des Ovarialkarzinoms (75). In einer Studie von Kurtz et al. wurden die Doppler-Sonographie, die CT und die MRT verglichen. Eine signifikante Differenz fand sich lediglich zwischen der Treffsicherheit der MRT (0,91) und der Doppler-Sonographie (0,78,  $P < 0,01$ ). Interessant an dieser Studie ist noch der Versuch über den intratumoralen arteriellen Fluß mit der Doppler-Sonographie Aussagen über die Dignität des Tumors zu machen, der sich jedoch als wenig erfolgreich herausstellte (76). In einer prospektiven Studie von Forstner et al. wurde die Aussagekraft der MRT an 34 voroperierten Patientinnen mit bekannten Stadien eines Ovarialkarzinoms vor einer Re-Laparotomie geprüft. Bei 29 Frauen wurde ein Tumorrezidiv bei der Operation gefunden. Die Treffsicherheit der MRT für Läsionen kleiner als 20 mm betrug 35% und für Läsionen größer als 20 mm 82% ( $P = 0,01$ ). Die alleinige Messung des CA 125 deckte 53% der Rezidive auf, die Kombination mit der MRT 75% ( $P = 0,48$ ) (41). Low et al. überprüften in ihrer Studie die Wertigkeit der Perfluorocarbon-

anreichernden MRT, der In-111-CYT-103 Immunoszintigraphie und der CT an drei Patientinnen mit einem primären Ovarialkarzinom und 13 Patientinnen mit einem Ovarialkarzinom, das bereits anbehandelt war. Mit der CT bzw. der MRT wurden 85% der Tumoren und mit der Immunoszintigraphie 92% erkannt. Die Treffsicherheit der CT betrug 81%, der MRT 75% und der Immunoszintigraphie 86%. Die Sensitivität für das Erkennen der Ausdehnung des Tumors war bei der MRT am größten mit 81% verglichen mit der CT mit 51% ( $P < 0,001$ ) und der Immunoszintigraphie mit 50% ( $P < 0,01$ ). In der Kombination MRT / Immunoszintigraphie wurde in 89% die Ausdehnung richtig gemessen mit Überprüfung durch eine anschließende Operation (54).

Die MRT ist ein kostenintensiver nächster Schritt in der Untersuchung suspekter Ovarialprozesse (77). Sie bietet sich als ergänzende Untersuchung bei Patientinnen mit unklaren komplexen oder soliden Ultraschallbefunden an und kann über eine Optimierung der präoperativen Diagnostik zur Umsetzung eines weniger invasiven Therapiekonzeptes beitragen. Bei gleichbleibender therapeutischer Qualität werden solche Befunde, die nach der präoperativen Diagnostik höchstwahrscheinlich benigner Natur sind, pelviskopisch angegangen. Bereits präoperativ suspekte Raumforderungen werden dagegen einer Laparotomie zugeführt. Obwohl die MRT eine kostenintensive Untersuchung darstellt, kann sie bei gezieltem Einsatz durch eine Zurücknahme radikaler chirurgischer Eingriffe zu einer Begrenzung der Gesundheitsausgaben beitragen (44, 78). So konnte bei dem unserer Studie zu Grunde liegenden Patientenkollektiv in acht Fällen auf eine Operation verzichtet und in 12 Fällen der laparoskopische Weg gewählt werden. Lediglich bei dem Verdacht auf ein Malignom mußte laparotomiert und eine Radikaloperation vorgenommen werden.

## 5 Zusammenfassung

Mit der Entwicklung sogenannter schneller Sequenzen wie sie in der MR-angiographischen Technik Anwendung finden, stellte sich die Frage, ob durch Verwendung einer kontrastmittelunterstützten T1-gewichteten Sequenz mit einer Schichtdicke von nur 1,7 mm im Rahmen der MR-angiographischen Technik die Diagnostik eines Ovarialtumors im Hinblick auf Dignität und Artdiagnose im Vergleich zur konventionellen MRT-Technik verbessert werden kann.

51 Patientinnen mit Ovarial-Raumforderungen in der klinischen Untersuchung und der Sonographie wurden in der MRT bei 1,5 Tesla mit der Body-Phased-Array-Spule untersucht. Dabei wurden verschiedene T1- und T2-gewichtete Aufnahmen in coronarer, axialer und transversaler Schichtführung, sogenannte HASTE-, Protonengewichtete- und Flash-Sequenzen nativ sowie mit der angiographischen MR-Technik während der arteriellen und venösen Perfusion aufgenommen. Ausgewertet wurde das Vorhandensein solider Anteile, die Wand- und Septendicke wurde an den dünnen Schichten ermittelt. Daraus wurde der Wert der klassischen Kriterien zur Dignitätseinschätzung von Ovarialtumoren bestimmt. Zusätzlich wurde überprüft, ob die Signalsteigerung nach Kontrastmittelapplikation eines Ovarialtumors mit der Dignität korreliert.

Nach dem Goldstandard (Histologie und Verlaufsbeurteilung) wurden 97 Ovarien mit 15 benignen einfachen Zysten, 19 benignen komplizierten Zysten, fünf Dermoiden, zwei Fibromen, 21 Malignomen, einem luteinisierten Thekom und einem Tuboovarialabszeß untersucht. 33 Ovarien waren unauffällig.

Bei 43 Patientinnen wurde die Diagnose operativ gesichert. Bei acht Patientinnen mit benignen Befunden erfolgte eine engmaschige klinische Kontrolle mit mindestens einjähriger Nachbeobachtungszeit.

Die statistische Auswertung zeigte, daß als einzelnes Kriterium das Vorhandensein solider Anteile in einem zystischen Prozeß am aussagekräftigsten für einen malignen Ovarialtumor ist (Treffsicherheit 86%, Sensitivität 75%, Spezifität 91%). Die Kriterien verdickte Wände (78%, 67%, 83%) sowie verdickte Septen (69%, 56%, 86%) erreichen einzeln überprüft nicht dessen Wert. Die beiden letztgenannten Kriterien in Kombination kommen jedoch an den Wert der soliden Anteile heran (86%, 72%, 89%). Das weitere Heranziehen des Kriteriums Aszites steigert die Treffsicherheit auf

87%. Die zusätzliche Verwendung des Kriteriums Lymphknotenvergrößerung zu den drei letztgenannten Kriterien steigert die Treffsicherheit auf 90%. In der Auswertung der MR-angiographischen Technik mit hochaufgelöster Darstellung eines arteriellen und venösen Enhancements erreichte das Kriterium der Signalsteigerung in der arteriellen Phase eine Treffsicherheit von 85%, eine Sensitivität von 43% und eine Spezifität von 96% und das Kriterium Signalsteigerung in der venösen Phase eine Treffsicherheit von 84%, eine Sensitivität von 91% und eine Spezifität von 82%. Damit stehen durch die MR-angiographische Technik Kriterien zur Verfügung, die die konventionellen Kriterien in der Spezifität übertreffen. Durch die gute Darstellung auch kleiner solider Anteile in zystischen Ovarial-Raumforderungen kann sie speziell in diesen Fällen die Dignitätsbeurteilung im Vergleich zur konventionellen Bildgebung verbessern.

Die prospektive artdiagnostische Beurteilung zeigte sich lediglich im Falle der Fibrome (zwei von drei) und der Dermoide (drei von fünf) als möglich, wobei hier das Vorhandensein der soliden Anteile in einem sonst zystischen Tumor die Fehldiagnose verursachte. Endometriosezysten können durch Verwendung der fettgesättigten Sequenzen von Dermoiden sicher unterschieden und durch Verwendung aller Kriterien als benigne diagnostiziert werden.

So erreichte die MRT prospektiv durch die histologische Sicherung einen Kappa-Index von 0,75 (sehr gut).



## 6 Literaturverzeichnis

- 1 Schmoll HJ, Höffken K, Possinger K, Schöffski P (1997): Kompendium Internistische Onkologie, Springer, Berlin: Maligne Ovarialtumoren – Übersicht, Meersohl HG, DuBois A: [1012-1045](#)
- 2 Wittekind Ch, Meyer HJ, Bootz F (eds) (2002): UICC, TNM-Klassifikation maligner Tumoren, [6. Auflage](#), Springer, Berlin-Heidelberg
- 3 Oriel KA, Hartenbach EM, Remington PL (1999): Trends in United States Ovarian Cancer Mortality, 1979-1995, Obstet Gynecol 93: [30-33](#)
- 4 Hricak H (1997): MRI of the pelvis: 6 The Adnexae, Carrington B: [185-195](#)
- 5 Lippert H (1993): Lehrbuch Anatomie, [3. Auflage](#), Urban & Schwarzenberg, München: 5 Beckeneingeweide, 5.4 Eierstock und Eileiter: [393](#)
- 6 Höttinger H, Spätling L (1994): MRI in der Gynäkologie und Geburtshilfe, Springer, Berlin, 5.4 Ovarialtumoren: [112-139](#)
- 7 Scully RE, Sobin LH (1999): World Health Organisation (WHO): International Histological Classification of Tumours. Histological Typing of Ovarian Tumours, Springer, Berlin Heidelberg
- 8 Blümcke S (1995): Allgemeine und Spezielle Pathologie, DeGruyter, Berlin, New York: XXXVII Weibliche Geschlechtsorgane: [736-748](#)
- 9 Hata K, Hata T, Manabe A, Sugimura K, Kitao M (1992): A Critical Evaluation of Transvaginal Doppler Studies, Transvaginal Sonography, Magnetic Resonance Imaging, and CA 125 in Detection Ovarian Cancer, Obstet Gynecol 80: [922-926](#)
- 10 Kurtz AB, Tsimikas JV, Tempany CMC, Hamper UM, Arger PH, Bree RL, Wechsler RJ, Francis IR, Kuhlmann JE, Siegelmann ES, Mitchell DG, Silverman SG, Brown DL, Sheth S, Coleman BG, Ellis JH, Kurman RJ, Caudry DJ, McNeil BJ (1999): Diagnosis and Staging of Ovarian Cancer: Comparative Values of Doppler and Conventional US, CT, and MR Imaging Correlated with Surgery and Histopathologic Analysis – Report of the Radiology Diagnostic Oncology Group, Radiology 212: [19-27](#)
- 11 Brown DL, Doubilet PM, Miller FH, Frates MC, Laing FC, DiSalvo DN, Benson CB, Lerner MH (1998): Benign and Malignant Ovarian Masses: Selection of the Most Discriminating Gray-Scale and Doppler Sonographic Features, Radiology 208: [103-110](#)
- 12 Hamm B (1994): Computertomographie und MR-Tomographie in der Diagnostik von Ovarialtumoren, Radiologe 34: [362-369](#)
- 13 Hricak H (1991): Carcinoma of the Female Reproductive Organs Value of Cross-Sectional Imaging, Cancer 67: [1209-1218](#)
- 14 Forstner R, Hricak H, Occhipinti KA, Powell CB, Frankel SD, Stern JL (1995): Ovarian Cancer Staging with CT and MR Imaging, Radiology 197: [619-626](#)

- 15 Rubin SC, Randall TC, Armstrong KA, Chi DS, Hoskins WJ (1999): Ten-Year Follow-Up of Ovarian Cancer Patients After Second-Look Laparotomy With Negative Findings, *Obstet Gynecol* 93: 21-24
- 16 Weinmann HJ, Brasch RC, Press WR, Wesby GE (1984): Characteristics of gadolinium-DTPA complex: a potential contrast agent, *AJR* 142: 619-624
- 17 Young IR, Bailes DR, Burl M, et al (1986): Initial clinical evaluation of a whole body nuclear magnetic resonance tomography, *J Comput Assist Tomogr* 6: 1-18
- 18 Mendonca-Dias MH, Gaggelli E, Lauterbur PC (1983): Paramagnetic contrast agents in NMR medical imaging, *Sem Nucl Med* 13: 364-376
- 19 Runge VM, Clanton JA, Lukehart CM, Partaain CL, James AE (1983): Paramagnetic Agents for Contrast-Enhanced NMR Imaging: A Review, *AJR* 141: 1209-1215
- 20 Gadian DG, Payne JA, Bryant DJ, Young IR, Carr DH, Bydder GM (1985): Gadolinium-DTPA as a contrast agent in MR imaging - theoretical projections and practical observations, *J Comput Assist Tomogr* 9: 242-251
- 21 Graif M, Stein RE (1986): Contrast-enhanced magnetic resonance imaging of tumours of the central nervous system: a clinical review, *Br J Radiol* 59: 865-873
- 22 Lissner J, Seiderer M (1990): *Klinischen Kernspintomographie*, Stuttgart, Enke: 159-176
- 23 Magnevist Nierengängiges paramagnetisches Kontrastmittel für die magnetische Resonanztomographie (MRT), Wissenschaftliches Standardprospekt, Schering
- 24 Hamm B, Krestin GP, Laniado M, Nicolas V (1999): *MRT von Abdomen und Becken*, Stuttgart: 281-313
- 25 Brasch RC, Weinmann HJ, Wesby GE (1984): Contrast-Enhanced NMR Imaging: Animal Studies Using Gadolinium-DTPA Complex, *AJR* 142: 625-630
- 26 Schild HH (1990): *MRI made easy*, Schering, Berlin: 25-32
- 27 Stevens SK, Hricak H, Campos Z (1993): Teratomas versus Cystic Hemorrhagic Adnexal Lesions: Differentiation with Proton-Selective Fat-Saturation MR Imaging, *Radiology* 186: 481-488
- 28 *Applikationshandbuch MRT Siemens* (1994)
- 29 Wallner B, Bader C (1993): *MR-Angiographie*, Thieme, Stuttgart: 1 Grundlagen der MR-Angiographie, Wallner B: 2-29
- 30 Mawhinney RR, Powell MC, Worthington BS et al (1988): Magnetic resonance imaging of benign ovarian masses, *Br J Radiology* 61: 179-186
- 31 Stevens SK, Hricak H, Stern JL (1991): Ovarian Lesions: Detection and Charakterization with Gadolinium-enhanced MR Imaging at 1,5 T, *Radiology* 181: 481-488
- 32 Elster AD: *Questions and Answers in Magnetic Resonance Imaging*, Mosby
- 33 Guggenmoos-Holzmann I, Wernicke K-D (1996): *Medizinische Statistik*, BlackwellWissenschafts-Verlag, Berlin: 148-150

- 34 Outwater EK, Huang A, Dunton CJ, Talerman A, Capuzzi DM (1997): Papillary Projections in Ovarian Neoplasms: Appearance on MRI, JMRI 7: [689-695](#)
- 35 Kier R, Smith RC, McCarthy SM (1992): Value of Lipid- and Water-Suppression MR Imaging in Distinguishing Between Blood and Lipid Within Ovarian Masses, AJR 158: [321-325](#)
- 36 Nyberg DA, Porter BA, Olds MO, Olson DO, Andersen R, Wesby GE (1987): MR Imaging of Hemorrhagic Adnexal Masses, J Comput Assist Tomogr 11: [664-669](#)
- 37 Troiano RN, Lazzarini KM, Scoutt LM, Lange RC, Flynn SD, McCarthy S (1997): Fibroma and Fibrothecoma of the Ovary: MR maging Findings, Radiology 204: [795-798](#)
- 38 Outwater EK, Siegelman ES, Talerman A, Dunton C (1997): Ovarian Fibromas and Cystadenofibromas: MRI Features of the Fibrous Component, JMRI 7: [465-471](#)
- 39 Yamashita Y, Torashima M, Hatanaka Y, Harada M, Sakamoto Y, Takahashi M, Miyazaki K, Okamura H (1994): Value of Phase-Shift Gradient-Echo MR Imaging in the Differentiation of Pelvic Lesions with High Signal Intensity at T1-weighted Imaging, Radiology 191: [759-764](#)
- 40 Ghossain MA, Buy JN, Ligneres C, Bazot M, Hassen K, Malbec L, Hugol D, Truc JB, Decroix Y, Poitout P, Vadrot D (1991): Epithelial Tumors of the Ovary: Comparison of MR and CT Findings, Radiology 181: [863-870](#)
- 41 Forstner R, Hricak H, Powell CB, Azizi L, Frankel SB, Stern J (1995): Ovarian Cancer Recurrence: Value of MR Imaging, Radiology 196: [715-720](#)
- 42 Low RN, Saleh F, Song SYT, Shiftan TA, Barone RM, Lacey CG, Goldfarb PM (1999): Treated Ovarian Cancer: Comparison of MR Imaging with Serum CA-125 Level and Physical Examination – A Longitudinal Study, Radiology 211: [519-528](#)
- 43 Stichnoth F-A (1994): MR-Tomographie - Technische Grundlagen und klinische Aspekte, Blackwell-Wissenschaft, Berlin, 3 Kontrastmitteluntersuchung, Niendorf HP, Balzer T: [29-43](#)
- 44 Reuter M, Steffens JC, Schüppler U, Muhle C, Brinkmann G, Kohl A, Weisner D, Lüttges J, Spielmann RP, Heller M (1996): Präoperative Differentialdiagnostik zystischer Adnextumoren: Doppelkontrast-MRT, Fortschr Röntgenstr 164,5: [394-400](#)
- 45 Hricak H, Chen M, Coakley FV, Kinkel K, Yu KK, Sica G, Bacchetti P, Powell CB (2000): Complex Adnexal Masses: Detection and Charakterization with MR imaging – Multivariate Analysis, Radiology 214: [39-46](#)
- 46 Komatsu T, Konishi I, Mandai M, Togashi K, Kawakami S, Konishi J, Mori T (1996): Adnexal Masses: Transvaginal US and Gadolinium-enhanced MR Imaging Assessment of Intratumoral Structure, Radiology 198: [109-115](#)
- 47 Forstner R, Hricak H, White S (1995): CT and MRI of ovarian cancer, Abdom Imaging 20: [2-8](#)
- 48 Forstner R, Chen M, Hricak H (1995): Imaging of Ovarian Cancer, JMRI 5: [606-613](#)

- 49 Scoutt LM, McCarthy SM, Lange R, Borque A, Schwartz PE (1994): MR Evaluation of Clinically Suspected Adnexal Masses, JCAT 18: [609-618](#)
- 50 Yamashita Y, Torashima M, Hatanaka Y, Harada M, Higashida Y, Takahashi M, Mizutani H, Tashiro H, Iwamasa J, Miyazaki K, Okamura H (1995): Adnexal Masses: Accuracy of Characterization with Transvaginal US and Precontrast and Postcontrast MR Imaging, Radiology 194: [557-565](#)
- 51 Outwater EK, Siegelman ES, Wilson KM, Mitchell DG (1996): Benign and Malignant Gynecologic Disease: Clinical Importance of Fluid and Peritoneal Enhancement in the Pelvis at MR Imaging, Radiology 200: [483-488](#)
- 52 Taupitz M, Wagner S, Hamm B (1996): Kontrastmittel für die magnet-resonanztomographische Lymphknotendiagnostik (MR-Lymphographie), Radiologe 36: [134-140](#)
- 53 Low RN, Barone RM, Lacey C, Sigeti JS, Alzate GD, Sebrechts C (1997): Peritoneal Tumor: MR Imaging with Dilute Oral Barium and Intravenous Gadolinium-containing Contrast Agents Compared with Unenhanced MR Imaging and CT, Radiology 204: [513-520](#)
- 54 Low RN, Carter WD, Saleh F, Sigeti JS (1995): Ovarian Cancer: Comparison of Findings with Perfluorocarbon-enhanced MR Imaging, In-111-CYT-103 Immunoscintigraphy, and CT, Radiology 195: [391-400](#)
- 55 Kim JS, Lee HJ, Woo SK, Lee TS (1997): Peritoneal Inclusion Cysts and Their Relationship to the Ovaries: Evaluation with Sonography, Radiology 204: [481-484](#)
- 56 Turner SA (1992): MRI of Pelvic Masses in Women: Contrast Enhanced vs unenhanced Images, AJR 159: [1243-50](#)
- 57 Togashi K, Kazumasa N, Itoh K, Fujisawa I, Sago T, Minami S, Nakano Y, Itoh H, Torizuka K, Ozasa H (1987): Ovarian cystic teratomas: MR imaging, Radiology 162: [669-673](#)
- 58 Stevens SK, Hricak H, Campos Z (1993): Teratomas versus Cystic Hemorrhagic Adnexal Lesions: Differentiation with Proton-Selective Fat-Saturation MR Imaging, Radiology 186: [481-488](#)
- 59 Zawin M, McCarthy S, Scoutt L, Comite F (1989): Endometriosis: Appearance and Detection at MR Imaging, Radiology 171: [693-696](#)
- 60 Matsumoto F, Yoshioka H, Hamada T, Ishadi O, Noda K (1990): Struma Ovarii: CT and MR Findings Case Report, JCAT 14: [310-312](#)
- 61 Outwater E, Schiebler ML, Owen RS, Schnall MD (1993): Characterization of Hemorrhagic Adnexal Lesions with MR Imaging: Blinded Reader Study, Radiology 186: [489-494](#)
- 62 Nishimura K, Togashi K, Itoh K, Fujisawa I, Noma S, Kawamura Y, Nakano Y, Itoh H, Torizuka K, Ozasa H (1987): Endometrial Cysts of the Ovary: MR Imaging, Radiology 162: [315-318](#)
- 63 Arrive L, Hricak H, Martin MC (1989): Pelvic Endometriosis: MR Imaging, Radiology 171: [687-692](#)
- 64 Sugimura K, Takemori M, Sugiura M, Okizuka H, Kono M, Ishida T (1992): The value of magnetic resonance relaxation time in staging ovarian endometrial cysts, BJR 65: [502-506](#)

- 65 Sugimura K, Okizuka H, Imaoka I, Kaji Y, Takahashi K, Kitao M, Ishida T (1993): Pelvic Endometriosis: Detection and Diagnosis with Chemical Shift MR Imaging; *Radiology* 188: 435-438
- 66 Togashi K, Nishimura K, Kimura I, Tsuda Y, Yamashita K, Shibita T, Nakano Y, Konishi J, Konishi I, Mori T (1991): Endometrial Cysts: Diagnosis with MR Imaging, *Radiology* 180: 73-78
- 67 Schwartz RK, Levine D, Hatabu H, Edelman RR (1997): Ovarian fibroma: findings by contrast-enhanced MRI, *Abdom Imaging* 22: 535-537
- 68 Weinreb JC, Barkoff ND, Megibow A, et al (1990): The value of MR imaging in distinguishing leiomyomas from other solid pelvic masses when sonography is indeterminate, *AJR* 154: 295-299
- 69 Ha HK, Beak SY, Kim SH, Kim HH, Chung EC, Yen KM (1995): Krukenberg's Tumor of the ovary: MR imaging features, *AJR* 164: 1435-1439
- 70 Kim SH, Kim WH, Park KJ, Lee JK, Kim JS (1996): CT and MR Findings of Krukenberg Tumors: Comparison with Primary Ovarian Tumors, *J Comput Assist Tomogr* 20: 393-398
- 71 Buist MR, Golding RP, Burger CW, Vermorken JB, Kenemans P, Schutter EMJ, Baak JPA, Heitbrink MA, Falke THM (1994): Comparative Evaluation of Diagnostic Methods in Ovarian Carcinoma with Emphasis on CT and MRI, *Gynecologic Oncology* 52: 191-198
- 72 Fultz PJ, Jacobs CV, Jackson Hall W, Gottlieb R, Rubens D, Totterman SMS, Meyers S, Angel C, Priori GD, Warshal DP, Zou KH, Shapiro DE (1999): Ovarian Cancer: Comparison of Observer Performance for Four Methods of Interpreting CT Scans, *Radiology* 212: 401-410
- 73 Jain KA, Friedman DL, Pettinger TW, Alagappan R, Jeffrey RB, Sommer FG (1993): Adnexal Masses: Comparison of Specifity of Endovaginal US and Pelvic MR Imaging, *Radiology* 186: 697-704
- 74 Lorenzen M (1996): Wertigkeit der MRT beim Staging gynäkologischer Tumoren, *Akt. Radiol.* 6: 63-68
- 75 Forstner R, Hricak H, Occhipinti KA, Powell CB, Frankel SD, Stern JL (1995): Ovarian Cancer: Staging with CT and MR Imaging, *Radiology* 197: 619-626
- 76 Kurtz AB (1999): Diagnosis and Staging of Ovarian Cancer: Comparative Values of Doppler and Conventional US, CT, and MR Imaging Correlated with Surgery and Histopathologic Analysis – Report of the Radiology Diagnostic Oncology Group, *Radiology* 212: 19-27
- 77 Aultman CJ, Feller JF, Jain KA, Dougherty RS, Alagoz T (1995): MR imaging of sonographically indeterminate adnexal masses: cost-benefit study (abstract), *Radiology* 197: 354
- 78 Schwartz LB, Panageas E, Lange R, Rizzo J, Comite F, McCarthy S (1994): Female Pelvis: Impact of MR Imaging on Treatment Decisions and Net Cost Analysis, *Radiology* 192: 55-60

## 7      *Danksagung*

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von Oktober 1997 bis September 1999 unter der Betreuung von Herrn Dr. Dirk Beyersdorff am Institut für Radiologie der Universitätsklinik der Humboldt-Universität zu Berlin angefertigt. Ihm danke ich für seine Präsenz, die die sofortige Besprechung auftretender Probleme ermöglichte, für seine Anregungen und Hilfestellungen.

Herrn OA Dr. Matthias Taupitz und Herrn Prof. Dr. Bernd Hamm danke ich für die Überlassung des Themas dieser Arbeit. Herrn OA Dr. Taupitz habe ich weiterhin für seine freundliche und verständige Art bei der Lösung von Problemen zu danken.

Ich danke allen Mitarbeitern des Institutes für das angenehme Arbeitsklima, sowie für die Bereitstellung notwendiger Materialien und für die Unterstützung bei der Beseitigung technischer Probleme.

Frau OA Dr. Bettina Pfüller danke ich für die Überlassung der Patientinnen und der klinischen Daten und Befunde. Ebenso möchte ich auch den Schwestern der gynäkologischen Stationen und Abteilungen der Charité und den Mitarbeitern des Zentralarchivs für die freundliche Zuarbeit danken.

Meinen Freunden Dorothe & Stefan Pinkernel, Uwe Franke & Tanja, Katharina Winkler, Antje & Peter Horntrich danke ich für die Unterstützung und den Austausch von Erfahrungen sowie zusammen mit allen anderen Freunden Grit & Dietmar mit Jana & Frank, Regine, Ines, Brigitte & Jens, Karsta & Uli, Andreas, Matthias & Verena, Kati & Stefan, Anke, Sven & Imke, Katrin, Susanne, Grit, Susann.... für die Stunden der Abwechslung und Entspannung.

Besonders möchte ich meinen Eltern danken, die mir das Studium und damit diese Arbeit erst ermöglicht haben und die wie meine Brüder Kai und Stefan mit Ulrike, Matthias und Manuela oft auf mich verzichten mussten. Ich danke Ihnen für Ihr Verständnis und die Treue.

Nicht zu letzt ist es mir wichtig Herrn Dr. Thomas Heller und seinen Eltern Gudrun und Karl-Heinz sowie der gesamten Familie zu danken, die mit mir während des Studium und dieser Arbeit durch dick und dünn gegangen sind sowie meinen Freund Volker für die Unterstützung bei der abschließenden Bearbeitung und für die gemeinsame  
Zeit.

## 8 *Erklärung*

Hiermit erkläre ich, daß ich mich bisher noch keinem Promotionsverfahren unterzogen habe. Die als Dissertation vorgelegte Arbeit wurde noch nie in einem anderen Prüfungsverfahren zur Erlangung des Doktorgrades vorgelegt.

Die Arbeit habe ich selbständig und ohne die Hilfe Dritter verfaßt. Ich habe dazu keine anderen, als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die diesen Werken entnommenen Stellen kenntlich gemacht und vollständig angegeben. Sie stellt auch in Teilen keine Kopie anderer Arbeiten dar.